

## PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito final para  
obtener el Título de INGENIERO DE SISTEMAS

# BRAIN CEMISID\_4.0: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO AUTÓNOMO EN PYTHON -MÓDULO B: ÁMBITO Y AROS DE ATENCIÓN

www.bdigital.ula.ve

Por

Br. MARÍA EUGENIA ALBARRÁN RENDÓN

Tutor: Dr. Gerard Páez Monzón

Agosto 2023



©2023 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

C.C. Reconocimiento

---

## **BRAIN CEMISID\_4.0: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO AUTÓNOMO EN PYTHON -MÓDULO B: ÁMBITO Y AROS DE ATENCIÓN**

Br. MARÍA EUGENIA ALBARRÁN RENDÓN

Proyecto de Grado — Sistemas Computacionales, 77 páginas

**Resumen:** En el presente proyecto de grado se continua con el diseño y la construcción del proyecto llamado BRAIN-CEMISID, el cual, es una máquina artificial de cómputo compleja que busca emular el órgano más complejo del cuerpo humano, el cerebro.

En esta nueva versión 4.0 del BRAIN-CEMISID se siguieron las fases de la metodología SCRUM así como el uso del lenguaje de programación Python para crear un conjunto de módulos que emulan el flujo que toma acción desde que se percibe un evento por los sentidos, hasta que este es objeto de nuestra atención.

Se implementan un conjunto de módulos capaces de determinar que eventos de los que se reciben son de relevancia para el agente, haciendo uso de sus estados biológico, cultural y emocional, así como de su memoria, para que luego estos eventos y también los recuerdos relacionados a ellos pasen al tren de pensamientos denominado ‘scope’, haciendo posible su paso por la atención, llamada “ventana  $\Phi$ ”, por un intervalo de tiempo y de manera recurrente. Logrando así, de manera simplificada, emular de manera general el comportamiento del cerebro en cuanto a la atención.

**Palabras clave:** máquina inteligente, atención, ventana phi, cerebro artificial, Python.

---

# Índice

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| Índice .....                               | IV    |
| Índice de Figuras .....                    | VII   |
| Índice de Tablas .....                     | VIII  |
| Agradecimientos .....                      | IX    |
| <br>Capítulo 1    Introducción .....       | <br>1 |
| 1.1. Planteamiento del Problema .....      | 2     |
| 1.2. Objetivos .....                       | 4     |
| 1.2.1. Objetivo General .....              | 4     |
| 1.2.2. Objetivos Específicos .....         | 4     |
| 1.3. Justificación .....                   | 5     |
| 1.4. Propósito .....                       | 5     |
| Capítulo 2.    Marco Teórico .....         | 6     |
| 2.1. Antecedentes .....                    | 6     |
| 2.2. Fundamentación Teórica .....          | 10    |
| 2.2.1. El sistema nervioso biológico ..... | 10    |
| 2.2.1.1. El Cerebro .....                  | 12    |
| 2.2.1.2. La Percepción .....               | 12    |
| 2.2.2. Mente .....                         | 13    |
| 2.2.2.1. Consciente .....                  | 13    |
| 2.2.2.2. Inconsciente .....                | 14    |
| 2.2.2.3. Phi .....                         | 15    |

---

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 2.2.2.4. Pensamiento .....                | 17 |
| 2.2.3. Memoria .....                      | 17 |
| 2.2.4. Atención .....                     | 19 |
| 2.2.4.1. Atención Sensorial .....         | 21 |
| 2.2.4.1.1. Atención Visoespacial .....    | 21 |
| 2.2.4.1.2. Atención en la Audición .....  | 22 |
| 2.2.4.1.3. Atención en el Tacto .....     | 22 |
| 2.2.4.1.4. Atención en el Gusto .....     | 23 |
| 2.2.4.2. Control Ejecutivo .....          | 24 |
| 2.2.5. Estado Biológico .....             | 25 |
| 2.2.6. Estado Cultural .....              | 25 |
| 2.2.7. Estado Emocional .....             | 25 |
| 2.2.8. Inteligencia Artificial .....      | 26 |
| 2.2.8.1. Lógica Difusa .....              | 27 |
| 2.2.8.1.1. Conjunto Difuso .....          | 28 |
| 2.2.8.1.2. Grado de Pertenencia .....     | 28 |
| 2.2.8.1.3. Función de Pertenencia .....   | 28 |
| 2.2.8.1.4. Variable Lingüística .....     | 29 |
| Capítulo 3. Marco Metodológico .....      | 30 |
| 3.1. Tipo de Investigación .....          | 30 |
| 3.2. Diseño de Investigación .....        | 30 |
| 3.3. Nivel de Investigación .....         | 31 |
| 3.4 Metodología a Utilizar .....          | 31 |
| 3.4.1. Planificación .....                | 32 |
| 3.4.2. Ejecución .....                    | 32 |
| 3.4.3. Control .....                      | 33 |
| Capítulo 4. Desarrollo del Proyecto ..... | 34 |

---

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 4.1. Planificación .....                         | 34 |
| 4.2. La Atención .....                           | 35 |
| 4.2.1. La Memoria .....                          | 39 |
| 4.3. Implementación .....                        | 39 |
| 4.3.1. Sentidos .....                            | 40 |
| 4.3.1.1. BCE_comparator .....                    | 40 |
| 4.3.1.1.1. Lógica Difusa .....                   | 41 |
| 4.3.1.2. Thought_picker .....                    | 43 |
| 4.3.1.3. GeneralEvaluator .....                  | 43 |
| 4.3.1.4. Mind .....                              | 44 |
| 4.3.1.4.1. Scope .....                           | 44 |
| 4.3.1.4.2. Ventana $\Phi$ .....                  | 45 |
| 4.3.1.5. GeneralEvaluator_BCE .....              | 45 |
| 4.3.2. Diagrama de Flujo .....                   | 46 |
| 4.3.3. Diagrama de Clases .....                  | 47 |
| 4.3.4. Diagrama de Secuencia .....               | 48 |
| 4.3.5. Simulación .....                          | 49 |
| 4.3.5.1. Primera Fase .....                      | 50 |
| 4.3.5.2. Segunda Fase .....                      | 51 |
| 4.3.5.3. Tercera Fase .....                      | 52 |
| 4.3.5.4. Análisis de Resultados .....            | 54 |
| Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones ..... | 60 |
| Bibliografía .....                               | 63 |

---

# Índice de Figuras

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Curva de Yerkes-Dodson .....                                  | 20 |
| 2.2. Funciones de pertenencia más usadas .....                     | 29 |
| 4.1. Modelo Inicial .....                                          | 38 |
| 4.2. Reglas difusas para la obtención del nuevo estado BCE .....   | 42 |
| 4.3. Diagrama de Flujo .....                                       | 46 |
| 4.4. Diagrama de Clases .....                                      | 47 |
| 4.5. Diagrama de Secuencia .....                                   | 48 |
| 4.6. Interfaz de la Simulación .....                               | 49 |
| 4.7. Primera Fase de la Simulación .....                           | 50 |
| 4.8. Lista de Eventos .....                                        | 50 |
| 4.9. Interfaz Segunda Fase .....                                   | 51 |
| 4.10. Tercera fase sin pensamientos almacenados .....              | 52 |
| 4.11. Tercera fase con los primeros pensamientos almacenados ..... | 52 |
| 4.12. Primera actualización ventana $\Phi$ .....                   | 53 |
| 4.13. Segunda actualización ventana $\Phi$ .....                   | 53 |
| 4.14. Tercera actualización ventana $\Phi$ .....                   | 53 |
| 4.15. Código evento simulado Movie .....                           | 56 |
| 4.16. Código evento simulado Song .....                            | 57 |
| 4.17. Código evento simulado Study .....                           | 58 |

---

## Índice de Tablas

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1. Factores BCE de cada neurona por sentido .....     | 55 |
| 2. Resultados comparadores internos por sentido ..... | 55 |

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

---

# Capítulo 1

## Introducción

El cerebro humano es un órgano complejo, el cual gestiona la actividad del sistema nervioso y forma parte del sistema nervioso central. Este está situado en la parte anterior y superior de la cavidad craneal y está presente en todos los vertebrados. Las funciones del cerebro se podrían resumir en controlar y regular la mayoría de las funciones del cuerpo y de la mente. El cerebro se encarga de funciones vitales como respirar, alimentarse o dormir y también de funciones superiores como lo son el razonamiento, la memoria, el control de las emociones, el control de la conducta y la atención. Una de las funcionalidades principales de este órgano es la de recibir, procesar, integrar e interpretar toda la información que recibe de los cinco sentidos, como lo son: la vista, el oído, el gusto, el tacto y el olfato. De igual forma controla las funciones cognitivas superiores como la memoria y la percepción, siendo además responsable de nuestras emociones y conductas.



Puede considerarse al cerebro como uno de los órganos más fascinantes desde el punto de vista de la ciencia para su estudio y comprensión, por ello el presente proyecto de grado se plantea como objetivo el poder emular o crear de una manera conceptual funcionalidades de este órgano tales como la atención y el tren de pensamientos en un cerebro artificial, siendo esto un aporte al proyecto BRAIN-CEMISID que es la primera arquitectura cognitiva de la Universidad de los Andes, en donde dicho proyecto aborda problemas como la representación de información visual y auditiva, la composición de estímulos visuales básicos en información cultural más compleja, toma de decisiones autónomas basada en intenciones, entre otros.

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Uno de los principales retos de la humanidad a lo largo de la historia ha sido comprender el funcionamiento del cerebro, ya que esta es una de las creaciones más complejas, enigmáticas y perfectas del universo. Durante los siglos XIX y XX era imposible imaginar todo lo que seríamos capaces de conocer sobre esta parte de nuestro cuerpo, es gracias a los avances tecnológicos del último siglo en los campos de la medicina, biología, psicología, neurociencia y neuroimagen que se ha logrado descifrar grandes misterios en cuanto a su anatomía y funcionamiento. Sin embargo, todavía existen muchas incógnitas y dudas por resolver acerca de este órgano, por otra parte, la mente también se puede considerar como fuente de muchas incógnitas y aunque solemos asociarla con el cerebro, son entidades diferentes. El cerebro es un órgano y la mente, por otro lado, es una entidad abstracta. De forma práctica podemos decir que la mente utiliza al cerebro y el cerebro responde a estímulos de la mente. De la química cerebral depende que una emoción perdure o se esfume, por ejemplo, si la dopamina ha iniciado un proceso emocional e interviene la noradrenalina,

se incrementará la atención. ¿Pero qué es la atención? James (1890) responde a esta interrogante como “La toma de posesión por la mente, de un modo claro y vívido, de uno entre varios objetos o cadenas de pensamiento simultáneamente posibles”, esto se refiere a lo que somos conscientes y a lo que tenemos acceso mentalmente en un momento dado, es decir, el grado en que una persona es capaz de atender y procesar una serie de elementos diferentes al mismo tiempo. Sin embargo, es uno solo de estos elementos el que es objeto de su atención. Esto es importante, porque aquello en lo que nos enfocamos dirige nuestra energía y finalmente se convierte en nuestra vida.

Durante nuestro día a día, son muchos los pensamientos que pasan por nuestra mente, aun cuando nuestra atención esté en algo, existirán otros pensamientos que tomarán el lugar de nuestra atención de manera recurrente, ya sea por estímulos internos o externos como sentir dolor, el despertar de un recuerdo o tener un accidente. Estos estímulos los percibimos mediante nuestros cinco sentidos. En un instante, una persona podría estar percibiendo el cantar de los pájaros, el viento que sopla, los automóviles que pasan, el sabor de algún alimento y el olor de las flores.

Según diferentes factores, como la experiencia del individuo, su mente consciente ignora esos estímulos porque no son una amenaza para su seguridad o no representa algo importante, lo que quiere decir que existe un proceso de elección dentro de nuestro cerebro. El proceso antes mencionado representa en la actualidad un tema de interés en los campos estudios de la neurociencia ligada a la inteligencia artificial, en ese contexto el proyecto Brain-CEMISID de la Universidad de los Andes presenta la necesidad de integrar dentro de sus módulos la capacidad de simular este proceso de elección de manera artificial, para llevarlo a cabo se plantean las siguientes interrogantes: ¿cómo es la mente y nuestro cerebro capaz de reconocer cuando un evento es de importancia para nosotros o no?, ¿Qué proceso

sucede en este órgano desde que se percibe el evento hasta que toma posesión de nuestra atención?, ¿Cómo podríamos emular este comportamiento del cerebro de manera artificial?.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Crear la atención (ventana  $\Phi$ ) y el tren del pensamiento (scope) como funcionalidad en un cerebro inteligente artificial, mediante un ambiente de trabajo conversacional, haciendo uso de la crítica o construcción de ideas que se originan de manera integral ofrecidas por diferentes disciplinas.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar y reproducir el proceso que se genera en nuestro cerebro al percibir un evento, desde que este se recibe mediante los cinco sentidos hasta que toma parte de nuestra atención, así como el efecto que esto pueda tener en nuestro organismo.
- Reproducir como la atención afecta a la memoria y como la memoria afecta a la atención.
- Representar el alcance mental (scope) y la atención (ventana  $\Phi$ ) de manera artificial.

### 1.3. Justificación

La realización de una funcionalidad para el BRAIN-CEMISID nos permite estudiar la plasticidad del cerebro. Gracias a esto podemos ser capaces de conocer y entender una de sus capacidades más importantes, ya que sin la atención se verían afectados tanto nuestros recuerdos como nuestro aprendizaje, pasando por nuestra experiencia diaria y nuestro comportamiento. Este estudio induce a la interdisciplinariedad de manera obligatoria, ya que se hace necesario conocer tanto de psicología como de neurociencia y sobre cómo estas se relacionan para poder identificar como nuestro cerebro realiza estas funcionalidades, y así, poder emular dichas funcionalidades haciendo uso de la ingeniería de sistemas.

### 1.4. Propósito

La finalidad de este proyecto de grado es entender cómo funciona la mente en cuanto a la atención en el cerebro humano y emular dicho comportamiento en un cerebro artificial. De igual forma que la inclusión de estas funcionalidades dentro del Proyecto BRAIN-CEMISID sean significantes y sirvan de base para el crecimiento y desarrollo de dicho proyecto.

---

## Capítulo 2

### Marco Teórico

Con la finalidad de obtener una mayor comprensión de este proyecto de grado, a continuación, se exponen los antecedentes de investigación a esta tesis. De igual forma se presentan la fundamentación teórica que son diferentes conceptos y su correspondiente definición tanto del campo de la psicología, neurociencia, biología, así como en el campo tecnológico, ya que es un enfoque interdisciplinario.

#### 2.1. Antecedentes

La complejidad siempre ha existido en nuestro mundo, con cada avance que se da este mundo se hace cada vez más complejo, lo que genera nuevos retos en cada área. La complejidad trata de la naturaleza de la emergencia; la innovación, el aprendizaje y la adaptación, García (2006) en su trabajo *“Sistemas complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria”* menciona que “los

fenómenos del mundo real son complejos porque forman un tejido de relaciones entre elementos inseparables”, El origen etimológico de este término complejidad proviene de la raíz latina *plexus* que significa “entrelazamiento” y del verbo *plectere* que puede referirse a “plegar” o “trenzar”, Rodríguez et al. (2015) partiendo de lo antes mencionado define en pocas palabras a la complejidad como aquello que está enlazado o junto. Actualmente, se hace notorio como una sola disciplina es insuficiente para abordar los retos a los que nos enfrentamos constantemente, por lo tanto, para poder enfrentarla se hace necesaria la interacción entre las diferentes áreas del conocimiento para lograr la resolución de problemas con un enfoque transdisciplinario, es gracias a esto que se nos abren las puertas para observar la realidad desde diferentes perspectivas y se nos permite conocer que todo lo que hacemos está relacionado.

La complejidad se compone de tres características:

1. Emerger, la cual hace referencia a las propiedades que únicamente surgen de la interacción entre los elementos de un sistema y las cuales no se presentan de manera individual en cada uno de ellos.
2. Adaptar, ya que los sistemas complejos necesitan adecuarse a condiciones cambiantes.
3. Auto-organizar, debido a que estos sistemas cuentan con la capacidad de coordinar y sincronizarse cada uno de sus procesos de manera autónoma sin que intervenga un agente regulador interno o externo.

La teoría de la complejidad plantea que, en la raíz de la totalidad de los sistemas complejos, desde el comportamiento de las moléculas, los procesos biológicos y psicológicos, la acción de las naciones y los estados y el equilibrio de la naturaleza, se encuentra un conjunto de reglas que cuando son identificadas, dan lugar a la unificación de las ciencias naturales y las ciencias sociales. La complejidad existe en todo lo que nos rodea, incluso dentro de nosotros mismos. Es el replanteamiento constante de todos los conocimientos y en el repensar de los conocimientos existentes, lo que nos permite comprender la complejidad dentro de nuevos cambios y con cada nuevo hallazgo de la ciencia. Esta exige que no sigamos un manual a la hora de enfrentarla, sino que despertemos nuestra imaginación y trabajemos de manera interdisciplinaria para poder llegar a una solución de eso que enfrentamos.

Gracias a este proyecto de grado podemos experimentar la complejidad con el objetivo de encontrar una solución para el problema al que nos enfrentamos, haciendo uso de la creatividad para su creación y posterior implementación, ya que dicho problema supera la formación del individuo, lo que lo obliga a adentrarse en nuevas áreas y a despertar su imaginación como un ser inteligente siendo cada vez más consciente de su entorno propio, para así, poder ir creando conocimientos que lo vayan acercando cada vez más hacia la integración de una solución.

Este enfrentamiento con la complejidad ya se ha llevado a cabo en diferentes proyectos anteriores, el proyecto BRAIN-CEMISID tuvo su origen en el trabajo de Andrade (2012) donde se comenzó con una red neuronal diseñada en VLSL (*Very Large Scale Integration*), posteriormente Rangel (2012) en su trabajo “Motor de Neuronas Programado en paralelo

sobre el ambiente CUDA” la neurona fue reinterpretada y adaptada al ambiente CUDA de programación paralela.

Años más tarde, Monsalve (2014) en su proyecto titulado “*Reto a la Complejidad: BRAIN-CEMISID versión 1.0. –Diseño de un núcleo operacional para la construcción de un kernel-cerebro artificial implementado en programación paralela en el ambiente CUDA: Creación del Estado Sensorial*”, describe al proyecto BRAIN-CEMISID versión 1.0 como una máquina artificial de cómputo compleja, que busca una aproximación a la máquina más impresionante que ha diseñado la naturaleza durante miles de millones de años de evolución, hablando así, del sistema nervioso y concretamente del cerebro. En su trabajo logró dotar a la máquina artificial con cualidades que le permitieron percibir el ambiente que lo rodea, transmitiendo señales desde sus sensores a un centro de cómputo y reconocimiento de patrones, implementado por redes neuronales, creando lo que llamó “Estado Sensorial”, lo que definió como una nómina de variables que tienen un estado en un tiempo dado. Dicho estado debía ser interpretado para crear lo que llamó “Mundo Cerebral”. Ese “Mundo Cerebral” permitía inferir, modificar, interactuar y generar acciones sobre el ambiente.

En el desarrollo de la versión 1.2 de este proyecto, Muchacho (2014) realizó un gran aporte el cual denominó “Creación del Estado Cerebral”, en su proyecto dotó al cerebro de la capacidad de realizar operaciones matemáticas básicas, específicamente la operación de suma, para esto usaba los caracteres que eran reconocidos en la esfera sensorial de la versión anterior. Además, el cerebro era capaz de eliminar las ambigüedades entre caracteres similares reconocidos por el sensor de la vista, pero que no representaban lo mismo.



Tiempo después Graterol (2015), partiendo de las funcionalidades aplicadas por Monsalve (2014) mencionado anteriormente, desarrolló conceptos geométricos creando estructuras con las redes neuronales ya presentes, que por la manera en que se integraban en conjunto, permitían desarrollar capacidades que se creía que podían ser alcanzables mediante circuitos lógicos, como lo era la capacidad de la suma de números de varios dígitos, haciendo uso de los conceptos de cantidad y de orden, además era capaz de aplicar el acarreo de la suma.

## **2.2. Fundamentación Teórica**

### **2.2.1. El sistema nervioso biológico**

El sistema nervioso es uno de los sistemas más importantes y complejos del cuerpo humano, este es un entramado que comprende al conjunto de órganos y estructuras de control e información. Además, está constituido por células altamente diferenciadas como las neuronas, que son fundamentales ya que se encargan de procesar y transmitir la información a través de todo el sistema nervioso y las células gliales que son las que realizan la función de soporte y protección de las neuronas, debido a que estas no pueden funcionar en su ausencia.

Este sistema recorre el cuerpo entero y se encarga de la transmisión de energía química y eléctrica, lo que permite la coordinación de los movimientos y de las acciones, tanto las que se hacen de manera consciente como las reflejas. Existen dos tipos de sistemas nervioso, el somático, el cual se ocupa de la conexión entre las extremidades del cuerpo y el cerebro, y el autónomo, que se encarga de las acciones reflejas e involuntarias. Este sistema cumple con tres funciones básicas:

- **Función sensorial:** Esta se encarga de percibir los estímulos internos y externos con los órganos receptivos. Estos estímulos comprenden cambios físicos en el medio como cambios en la luz, presión, o concentración de sustancias químicas disueltas.
- **Función integradora:** Realiza la labor de analizar la información recibida y de tomar decisiones apropiadas según las mismas. Esta se activa o se modifica por la información que esté almacenada y que se recupera por la memoria.
- **Función motora:** Lleva a cabo la tarea de provocar respuestas en los músculos o glándulas según las decisiones que se tome en la función integradora, ya que este sistema es capaz de estimular músculos o glándulas para que actúen o para que no lo hagan.

www.bdigital.ula.ve

Además, este sistema se puede clasificar en dos partes, el sistema nervioso central (SNC), el cual se compone del encéfalo y la médula espinal. El encéfalo este compuesto por el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo, por otro lado, la médula espinal que es un conjunto nervios se encuentra en el interior de la columna vertebral. Este subsistema se encarga de la funciones sensoriales e integradoras mencionadas anteriormente. Además, está el sistema nervioso periférico (SNP), el cual se compone de los nervios que conectan el encéfalo y la médula con el resto del organismo. Los nervios del encéfalo son nervios craneales, y los que surgen de la médula espinal son nervios raquídeos o espinales, que son los que se encargan de las funciones motoras.

### **2.2.1.1. El Cerebro**

De acuerdo con Moreira et al. (2021) se puede considerar al cerebro como el órgano rector del cuerpo humano, ya que gracias a él podemos realizar movimientos y lograr el aprendizaje, ya que suele estar obteniendo información del medio donde se desenvuelve y la almacena en la memoria de corto y largo plazo, según sea la relevancia de esta. También menciona que son varios los procesos de aprendizaje que se han dado a descubierto gracias a los múltiples estudios del cerebro, y se notó que el cerebro recibe la información por medio de los sentidos para luego ser procesada y luego almacenada según la relevancia en la memoria. El Cerebro es el órgano que aprende, a través de estímulos que se los proporcionan los sentidos.

### **2.2.1.2. La Percepción**

Según Rosales (2015) la percepción es un mecanismo esencial en la experiencia porque por medio de ella un objeto se hace presente y queda ubicado en nuestro entorno, y en dirección inversa, un pensamiento se afina en la realidad y establece su referencia. Así, la percepción como mecanismo tiene una capacidad de ajuste que va determinando con mayor precisión los objetos.

La percepción como proceso, para Rosales (2015) se inicia en una selección, por cuanto de una pluralidad de posibles estímulos se centra en uno o algunos de acuerdo con ciertos intereses y necesidades. No todo lo que nos impacta inicia un proceso de percepción, es decir, no todo impacto sensorial pasa necesariamente a una fase de organización e integración en el sujeto, por tanto, los impactos deben ser atendidos para que alcancen un

significado, por lo que la percepción, al propio tiempo de estar condicionada por la experiencia, es en sí misma una fuente de fortalecimiento de ésta.

### **2.2.2. Mente**

La Mente es considerada como el proceso dinámico donde se maneja la información que nos llega desde diferentes puntos, como el mundo externo, nuestras sensaciones y nuestros pensamientos. Esta está compuesta por el conjunto de capacidades cognitivas que engloban procesos como la percepción, el pensamiento, la conciencia, la memoria, la imaginación y otros.

Según Medina (2008) actualmente se puede considerar a la mente humana como un complejo sistema que recibe, almacena, recupera, transforma y transmite información. Llamando dichas operaciones computaciones o procesos de información, las cuales delinean la concepción de la mente desde una perspectiva computacional o de procesamiento de información. Se podría ver a la mente como el nombre adoptado para referirse al sistema de control desarrollado dentro del organismo, cuya finalidad es realizar las interacciones adecuadas en beneficio de este o, por último, para la sobrevivencia de la especie. La mente se divide en tres tipos de procesos: los conscientes, inconscientes y los procedimentales (Duignan, 2023).

#### **2.2.2.1. Consciente**

Esta es la parte de nuestra mente donde se procesa todo lo que experimentamos, como una melodía, la sensación de dolor, entre otros. Es decir, son aquellas vivencias de las que un individuo podría dar cuenta mediante un apto de percepción interna.

En los casos cuando partes del cerebro se pierden debido a un derrame cerebral o por el bisturí de un cirujano, la conciencia no se ve afectada. Individuos que han experimentado estos acontecimientos llegan a perder muchas de sus facultades, pero mantienen un sentido de sí mismos, incluso las personas que nacen sin cerebelo pueden mantener una experiencia consciente de sí mismos.

Para Mashour et al. (2020) la hipótesis del espacio de trabajo neuronal global (GNW), comienza con la observación de que cuando eres consciente de algo, muchas partes diferentes de tu cerebro tienen acceso a esa información. Si, por otro lado, actúa inconscientemente, esa información se localiza en el sistema motor sensorial específico involucrado. Por ejemplo, cuando se escribe rápido, se hace automáticamente, si se le pregunta a una persona cómo lo hace, no sabrá responder porque tiene poco acceso consciente a esa información, que también está localizada en los circuitos cerebrales que conectan sus ojos con los rápidos movimientos de los dedos.

#### **2.2.2.2. Inconsciente**

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva, para Bargh y Morsella (2008) el procesamiento de información inconsciente se relaciona con el procesamiento de información subliminal, es decir, que esta se encarga de extraer significados de los estímulos de los que no somos conscientes. Ya que los estímulos subliminales son débiles y de baja intensidad por definición, los procesos mentales que impulsan son mínimos por lo que concluyen que los poderes de la mente inconsciente son limitados y “tontos”.

La psicología social aborda este tema desde otro punto de vista, ya que este se centra en los procesos mentales de los que el individuo no es consciente y en los estímulos de los

cuales no es consciente. En los últimos 30 años, se han centrado en investigar el grado en que las personas son conscientes de las influencias importantes en sus juicios y decisiones y de las razones de su comportamiento. Lo que los lleva a pensar que la mente inconsciente tiene una influencia poderosa y omnipresente sobre los procesos mentales superiores, en contraste con lo que concluye la psicología cognitiva.

Por otro lado, Bargh y Morsella (2008) también mencionan lo que es el modelo freudiano del inconsciente, el cual a día de hoy sigue ejerciendo una influencia sobre todas aquellas personas que piensan en "el inconsciente", especialmente fuera de la ciencia psicológica. El modelo freudiano del inconsciente como principal influencia rectora de la vida diaria, incluso hoy, es más específico y detallado que cualquiera que pueda encontrarse en la psicología cognitiva o social contemporánea. Sin embargo, los datos a partir de los cuales Freud desarrolló el modelo eran estudios de casos individuales que involucraban pensamientos y conductas anormales, no la experimentación científica rigurosa sobre los principios generalmente aplicables del comportamiento humano que informan los modelos psicológicos y aunque las pruebas empíricas no han sido amables con los detalles específicos del modelo freudiano, la evidencia psicológica cognitiva y social respalda a Freud en cuanto a la existencia de la mentalidad inconsciente y su potencial para afectar los juicios y el comportamiento.

### **2.2.2.3. Phi**

De acuerdo a Tononi (2004) 'Phi' puede definirse como una medida de la información integrada de un sistema, siendo una cantidad matemática que se puede utilizar para

cuantificar el grado de conciencia de un sistema. Cuanto mayor sea la puntuación Phi, más consciente será el sistema.

La teoría de la conciencia que expone Tononi (2004) es conocida como Teoría de la Información Integrada (IIT), esta establece que la conciencia es una propiedad de los sistemas que tienen un alto grado de información integrada. La información integrada se puede definir como una medida del grado en que las partes de un sistema están interconectadas y son interdependientes, por su parte un sistema con información altamente integrada es aquel en el que las partes están tan interconectadas que no se pueden separar sin destruir la conciencia del sistema.

Se puede calcular Phi midiendo el número y la calidad de las interconexiones entre las partes de un sistema. Cuantas más interconexiones haya, y más fuertes sean las interconexiones, mayor será la puntuación Phi. Phi se puede calcular para cualquier sistema, desde una simple red de neuronas hasta un organismo complejo como un ser humano.

Algunas de las características clave de Phi son:

- Phi es una medida de la información integrada de un sistema.
- La información integrada es una medida del grado en que las partes de un sistema están interconectadas y son interdependientes.
- Un sistema con información altamente integrada es aquel en el que las partes están tan interconectadas que no se pueden separar sin destruir la conciencia del sistema.
- Phi se puede calcular para cualquier sistema, desde una simple red de neuronas hasta un organismo complejo como un ser humano.

Tononi (2014) con su teoría de la conciencia se ha hecho de elogios y críticas, algunos científicos creen que es un nuevo enfoque prometedor para comprender la conciencia, mientras que otros creen que es demasiado simplista. Sin embargo, la teoría ha generado mucho interés y debate a pesar de que se encuentra en desarrollo, pero tiene el potencial de revolucionar nuestra comprensión de la conciencia. Si Phi se puede utilizar para medir con precisión el grado de conciencia de un sistema, podría proporcionar una nueva forma de estudiar la conciencia y desarrollar nuevos tratamientos para los trastornos de la conciencia.

#### **2.2.2.4. Pensamiento**

Los pensamientos son cogniciones mentales, son las opiniones, ideas y creencias que tenemos de nosotros mismos y del mundo que nos rodea. También incluye la perspectiva que le damos a una situación o experiencia, lo que genera eso que llamamos “nuestro punto de vista”. Estos pensamientos pueden ser fugaces o pueden volverse recuerdos. De acuerdo a Jara (2012) el pensamiento es un reflejo de la realidad en tanto se perciba el objeto real y se concrete lo visualizado. Por otro lado, el pensamiento puede ser un reflejo de lo que siente el individuo, creando una realidad subjetiva, diferente a la realidad objetiva, que se visualiza solamente en la mente de quien lo genera. El ser humano es sociable por naturaleza, así, el pensamiento es un producto social que refleja lo que existe en la realidad en la que se desenvuelve el sujeto, este es la salida que se genera al percibir algo, ya sea por escuchar, ver, tocar y sentir.

#### **2.2.3. Memoria**

Como expresa Ballesteros (1999), la memoria es un proceso psicológico que sirve para almacenar información codificada. Dicha información puede ser recuperada por lo general



de forma voluntaria y consciente y a veces de manera involuntaria, la función de la memoria no es otra que codificar, registrar y recuperar grandes cantidades de información que resultan fundamentales para la adaptación del individuo al medio. La memoria se ha ido desarrollando a lo largo de la historia de la especie para responder a las necesidades de adaptación al medio y de la selección natural. Por otro lado, Atkinson y Shiffrin (1968) propusieron un modelo el cual denominaron modelo estructural o modelo modal porque hace hincapié en la existencia de varias estructuras o almacenes diferentes de memoria, uno de ellos son los registros sensoriales, que son como almacenes de gran capacidad y duración muy limitada en los que se retiene brevemente la información sensorial que llega en paralelo de los diferentes sentidos.

La memoria toma lugar cuando tomamos información del mundo que nos rodea, procesamos esa información y la almacenamos para ser capaces de recordarla después. Esta es importante ya que constituye el marco mismo a través del cual damos sentido y actuamos dentro del presente, este es un proceso continuo de retención de información a lo largo del tiempo.

La memoria de acuerdo a los autores Roediger y McDermott (1995) funciona mediante tres procesos principales, la codificación que consiste en el proceso a través del cual se aprende la información, esta generalmente se codifica a través de uno de cuatro métodos como son: la codificación visual, acústica, semántica y táctil, aunque la información llega en alguno de estos modos, la forma en que se almacena puede diferir de ellos. El segundo proceso es el del almacenamiento, este se encarga del cómo, dónde, cuánto y durante cuánto tiempo se retiene la información. La información primero se almacena en la memoria de corto plazo y luego de ser necesario, pasa a la memoria de largo plazo. El tercer proceso es el de la recuperación, este proceso consiste en el acceso a la información almacenada, la

forma en que se recupera la información en la memoria a corto plazo es diferente de como se hace en la memoria a largo plazo. En la memoria de corto plazo se recupera en el orden en que se almacena, y en la memoria de largo plazo se recupera por asociación.

#### 2.2.4. Atención

De acuerdo con Grace (2020) la atención cuenta con múltiples definiciones, ya que son diferentes disciplinas las que la estudian, como la psicología, la neurociencia, y ahora, el aprendizaje automático. Una de estas definiciones que puede tener la atención es la de indicar cualquier función cerebral que influya en el desempeño conductual de un animal o persona. Por otro lado, James (1890) expone que la atención no es más que “La toma de posesión por parte de la mente, en forma clara y vívida, de uno de lo que parecen ser varios objetos o trenes de pensamiento simultáneamente posibles”.

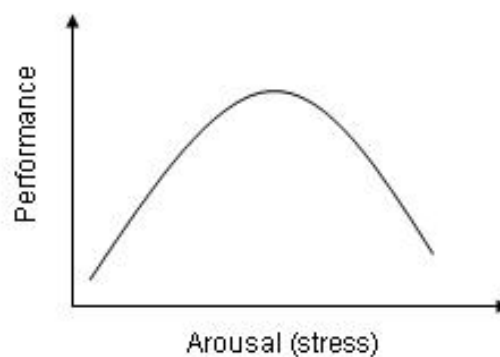
A pesar de que la atención tiene múltiples definiciones, cuenta con una cualidad que es indiscutible: esta es demostrablemente de gran importancia para el procesamiento de la información en el cerebro. La atención es el control flexible de recursos computacionales limitados. Esta nos da la capacidad de alterar y enrutar dinámicamente el flujo de información lo que tiene claros beneficios para la adaptabilidad de cualquier sistema. Esta se puede clasificar en dos tipos:

- **Atención Endógena:** Llamada también arriba-abajo, guiada por metas o controlada.
- **Atención Exógena:** Llamada también abajo-arriba, guiada por estímulo, refleja, automática o pasiva.

Se han hecho experimentos en los que a individuos a los que se les había privado del sueño o a los que se les habían dado sedantes, se les pidió que completaran una tarea repetitiva en diferentes partes del ciclo de sueño-vigilia, estas tareas requerían un nivel de atención sostenida, en estas condiciones los individuos mostraron largos periodos de bajo rendimiento. Sin embargo, también notaron que, al hacer la tarea más atractiva, ya sea con una recompensa, agregar alguna novedad o irregularidad, o introduciendo estrés, se conducía a un mejor rendimiento, llegando a la conclusión de que la atención general parece tener reservas limitadas que no se desplegaran en el caso de una tarea insignificante o no gratificante sino cuando esta sea más prometedora e interesante.

A pesar de que el nivel de estrés puede aumentar la atención, este no siempre es beneficioso. La curva de Yerkes-Dodson demuestra como un nivel de estrés puede mejorar el rendimiento hasta cierto punto, haciendo lo óptimo, pero luego, si sigue aumentando, este rendimiento comienza a disminuir. Es por esto que el uso de psicoestimulantes como Aderall o la cafeína pueden funcionar para aumentar el enfoque en ciertas medidas para algunas personas, pero para otras se vuelve perjudicial.

Figura 2.1 Curva de Yerkes-Dodson



### **2.2.4.1. Atención Sensorial**

Además de los niveles de excitación y alerta generales, un individuo despierto puede desplegar selectivamente la atención a entradas sensoriales específicas. Gracias a este enfoque en un sistema sensorial específico se puede tener un control estricto sobre los estímulos y el lugar de la atención, llegando a identificar dos estímulos cuya diferencia es mínima y además el periodo de tiempo entre cada uno es muy corto.

#### **2.2.4.1.1. Atención Visoespacial**

Grace (2020) afirma que gran parte de los estudios en neurociencia y psicología se centran en la atención visual, cuando un individuo decide donde poner la fovea, la cual ofrece la resolución más alta de la retina, también está decidiendo donde implementar los recursos computacionales limitados, así, los movimientos oculares indican donde poner la atención. Como expresan Itti y Koch (2001) Se han identificado patrones de imágenes que atraen automáticamente la atención, dichos patrones están definidos por bordes orientados, frecuencia espacial, contraste de color, intensidad o movimiento. Las regiones de dichas imágenes que llaman la atención se consideran salientes y no requieren de un procesamiento consciente o esforzado para identificarlas, probablemente sean el resultado de detectores de características integrados en el sistema visual. En los experimentos notaron que diferentes individuos tienden a ponerse de acuerdo sobre que regiones son las más destacadas, especialmente aquellas que identifican en los primeros movimientos sacádicos.

### **2.2.4.1.2. Atención en la Audición**

Para estudiar la necesidad de atención selectiva, se usa un ejemplo famoso llamado el “problema del coctel”, este consiste en tener varios oradores en una misma sala junto con otros ruidos y cada individuo debe concentrarse en uno solo. De acuerdo con Fritz et al. (2007) resolver el problema implica una selección temprana en la que se utilizan características de bajo nivel de la voz, como el tono, para determinar qué información auditiva se transmite para un procesamiento lingüístico adicional posterior. En el caso de la audición, la atención selectiva tiene la capacidad de controlar la actividad neuronal incluso en el nivel más temprano del procesamiento auditivo, es decir, la cóclea.

### **2.2.4.1.3. Atención en el Tacto**

Debido a la limitada capacidad de procesamiento del cerebro, la percepción humana no puede proporcionar una representación completa de la entrada sensorial del entorno. En cambio, nuestro cerebro combina esta información sensorial externa con influencias internas para mejorar selectivamente el procesamiento y la percepción de la información que asumimos como relevante.

Schweisfurth et al. (2014) exploraron los efectos conductuales de la atención espacial táctil y basada en características, lo que significa que, en lugar de indicar un lugar, se indica una característica, esto dentro de un paradigma de tiempo de reacción humano, utilizando la orientación como la dimensión de estímulo relevante. La tarea de los sujetos era monitorear una corriente de estímulos táctiles para detectar la ocurrencia de una de las dos orientaciones de destino designadas. Una señal especificaba la ubicación y la orientación probables del estímulo objetivo. Como la señal de orientación solo era informativa para la ubicación

señalada, se pidió a los sujetos que prestaran atención a la ubicación señalada y, solo allí, a la orientación señalada. Estos observaron tiempos de respuesta más rápidos para objetivos de orientación coincidente en comparación con objetivos de orientación no coincidente, tanto en la ubicación indicada como no indicada, lo que indicó un efecto global de la atención basada en características en el sistema somatosensorial humano.

#### **2.2.4.1.4. Atención en el Gusto**

La percepción olfativa humana para Gottfried y Dolan (2003) es notoriamente poco confiable, pero al ser combinada con señales visuales muestra una mejora, lo que sugiere una importante integración cruzada entre estas modalidades sensoriales. Para esto hicieron experimentos en los que varios sujetos participaron en una tarea de detección olfativa, entregándoles los olores y las imágenes por separado o juntos. Estos mostraron mayor facilitación olfativa perceptiva para ensayos congruentes frente a los incongruentes.

Por otro lado, la atención también se puede distribuir entre modalidades para realizar tareas que requieran la integración de múltiples señales sensoriales. En general, cuando se usan múltiples señales sensoriales congruentes, esto ayuda a la detección de objetos en mayor medida que cuando se usa una sola modalidad. A pesar de esto, hay estudios que sugieren que los humanos pueden tener un sesgo por el dominio visual, aun cuando la señal de otro sentido es igualmente válida, específicamente el dominio visual parece dominar más en las tareas que requieren identificar ubicaciones espaciales de alguna señal. Un ejemplo de esto es la ventriloquia, la señal visual del movimiento de la boca del muñeco anula la evidencia auditiva sobre el verdadero origen de la fuente vocal. El dominio visual también se ha observado sobre el del tacto, como en el caso de la ilusión del brazo de goma, en el que

a los individuos se le oculta su brazo y en su lugar se muestra un brazo de goma, luego a ambos brazos, el de goma y el del individuo, se le pasan diferentes estímulos sincronizados, cuando el sujeto ve que golpearan fuertemente al brazo de goma retira su brazo como si fuesen a golpearlo también.

#### **2.2.4.2. Control Ejecutivo**

Para Grace (2020) como nuestro cerebro suele estar envuelto en múltiples tareas en competencia simultánea, se necesita un control central para decidir en cual participar y cuando, además, la mejor forma de ejecutar tareas puede depender del historial y del contexto. Este control ejecutivo combina las entradas sensoriales con conocimientos previos para coordinar múltiples sistemas para el trabajo de selección y ejecución eficiente de tareas. Se puede considerar razonablemente que la atención es el resultado del control ejecutivo. El sistema de control ejecutivo debe entonces seleccionar los objetivos de atención y comunicarlo a los sistemas responsables de implementarlo.

El control ejecutivo y la memoria de trabajo también están entrelazados, ya que la capacidad de hacer uso de la información pasada y de tener en mente un objetivo actual requiere memoria de trabajo. Los estudios de movimientos oculares indican que los elementos buscados pueden detectarse más rápidamente en entornos familiares que en entornos nuevos, lo que sugiere que las asociaciones aprendidas previamente guían la atención abierta.

### **2.2.5. Estado Biológico**

Este estado hace referencia a un individuo como organismo pluricelular, poseedor de un cuerpo que se desarrolla y madura sometido a la realidad física. Para fines de nuestro proyecto, este estado se refiere a los estados del cuerpo del hombre, como, por ejemplo, sentir hambre o frío, lo que le genera incomodidad.

### **2.2.6. Estado Cultural**

Este estado se relaciona con la cultura, que es el conjunto de los rasgos distintivos, espirituales, materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan una sociedad o un grupo social. Ella engloba, además de las artes y las letras, los modos de vida, los derechos fundamentales al ser humano, los sistemas de valores, las tradiciones y las creencias. En este proyecto de grado, esto se refiere al estado intelectual del hombre.

### **2.2.7. Estado Emocional**

Son reacciones psicofisiológicas que se dan en el momento que percibimos un objeto, persona, lugar o evento, son esos cambios que experimenta nuestro cuerpo ante cambios o estímulos que aparecen en nuestro entorno y en nosotros mismos. En este proyecto, esto se refiere a las emociones que pueda contener nuestro agente en un momento dado.

Tanto estado emocional como el estado cultural y el estado biológico se expresan en términos de -1, -0.75, -0.50, -0.25, -0, 0.25, 0.50, 0.75, 1. Estos indican según su factor que tan bien o tan mal está el agente, donde los extremos se consideran estados sumamente malos.



### 2.2.8. Inteligencia Artificial

Es una de las ramas de la Informática con fuertes raíces en otras áreas como la lógica y las ciencias cognitivas, por lo que existen muchas definiciones de lo que es la inteligencia artificial. Kurzweil (1990) en una de las definiciones tempranas a este concepto expresa que es “el arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren de inteligencia”, por su parte, Schalkoff (1990) la define como “el campo de estudio que se enfoca a la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales”.

Hardy (2001) explica la inteligencia artificial como el estudio y el análisis del comportamiento humano, principalmente en la simulación de actividades intelectuales del hombre. Es decir, imitar mediante el uso de máquinas, normalmente electrónicas, actividades mentales, e incluso llegar a mejorar las capacidades humanas que estos emulen. Por otro lado, West (2018) la define como “máquinas que responden a la estimulación de la misma manera que harían los humanos, dada la capacidad humana de contemplación, juicio e intención”. Dicho en otras palabras, la Inteligencia artificial la concibe como un sistema de software que refleja la inteligencia humana, West (2018) habla de sus tres cualidades esenciales: la intencionalidad, la inteligencia y la capacidad de adaptación.

Se puede decir, que todas estas definiciones coinciden en que se trata la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano. Paulatinamente nuestro día a día se está viendo influenciado por decisiones producto de la inteligencia artificial desde cosas tan simples como las sugerencias de búsqueda en nuestras aplicaciones del teléfono móvil como en tareas

complejas tales como el pilotaje de un avión donde las vidas humanas dependen del correcto desarrollo y funcionamiento de la Inteligencia Artificial desarrollada.

### 2.2.8.1. Lógica Difusa

La lógica difusa para Serrano et al. (2021) se puede definir como un acercamiento entre la precisión de las matemáticas clásicas e imprecisión del mundo real la cual nació como un medio para modelar la incertidumbre del lenguaje natural. Este tipo de lógica contiene infinitos valores entre lo verdadero y lo falso, entre un sí y un no, necesaria ya que nuestro lenguaje humano es muy vago, difuso y eminentemente subjetivo. De forma matemática la lógica difusa es un superconjunto de la lógica convencional o booleana que ha sido extendida para manejar el concepto de verdad parcial, es decir, haciendo uso de valores de verdad entre los completamente verdadero o falso. En esta lógica los valores de verdad son no-deterministas y tienen por lo general una connotación de incertidumbre. Esta maneja conjuntos difusos y cuenta con un sistema de inferencia basado en reglas de producción. Estas reglas tienen la forma de “*si antecedente, entonces, consecuente*” y se activan en paralelo. Los valores lingüísticos del antecedente y el consecuente están definidos por conjuntos difusos. En la lógica difusa se hace necesario lo que se conoce como el grado de pertenencia, estos ya no son 0 o 1 sino que tiene un valor entre ellos, ya que cada elemento pertenece a un conjunto, por ejemplo, para definir si una persona entra dentro de la categoría de joven o viejo, como no es posible determinarlo con una edad exacta, se debe hacer uso de este tipo de lógica.

### 2.2.8.1.1. Conjunto Difuso

Basado en la lógica multivaluada, este permite describir conceptos en los que la transición entre poseer una propiedad y no poseerla, no está clara. Este es una generalización de los conjuntos ordinarios a los que se les agrega un grado de pertenencia a cada elemento. Los conjuntos difusos se expresan por la siguiente expresión matemática:

$$A = \{x \vee \mu_A(x) \text{ para } x \in X\}$$

Donde:

- $x$  es un elemento.
- $\mu_A(x)$  es la función de pertenencia.
- $X$  es el universo del discurso.

www.bdigital.ula.ve

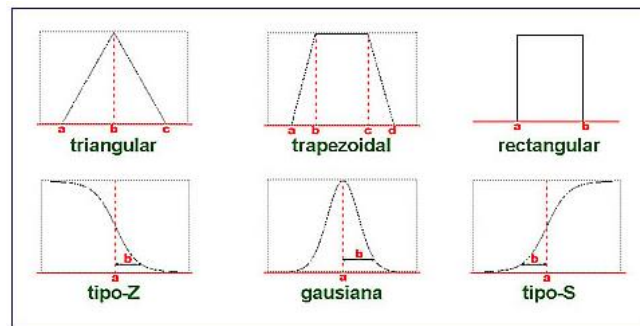
### 2.2.8.1.2. Grado de Pertenencia

Es un valor que varía entre 0 y 1, donde 0 significa que ese elemento no pertenece a un conjunto dado y 1 significa que el elemento pertenece 100% a ese conjunto. Este es caracterizado por una función de pertenencia.

### 2.2.8.1.3. Función de Pertenencia

Es una función que da el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto donde el grado varía entre 0 y 1, es decir, define que tanto un elemento pertenece a un conjunto dado. Puede ser de diferentes tipos, la más usadas son la trapezoidal y la gaussiana.

Figura 2.2 Funciones de pertenencia más usadas



#### 2.2.8.1.4. Variable Lingüística

Son descritas por etiquetas lingüística donde las etiquetas son los conjuntos difusos, por ejemplo, joven o viejo, estas son las que van tomando valores específicos a los que se les asigna el grado de pertenencia y están definidas por  $(x, A(x), U, G, M)$ , donde:

- $X$  es el nombre de la variable  $A(x)$  en el conjunto de términos lingüísticos de  $x$ .
- $U$  es el universo donde se define cada valor de  $x$ .
- $G$  es la regla sintáctica para generar las sentencias correctas en  $A$ .
- $M$  es la regla semántica que asocia a cada valor  $x$  su significado.

Una vez se tienen estos elementos podemos definir las operaciones que se pueden hacer sobre los conjuntos difusos, estos pueden ser unión, intersección, complemento, entre otros. En la unión, el grado de pertenencia será el valor máximo de los conjuntos difusos. En la intersección sucede lo mismo, pero usando el valor mínimo.

---

# Capítulo 3

## Marco Metodológico

### 3.1. Tipo de Investigación

Según Zorrilla (1993) la investigación se clasifica en cuatro tipos: básica, aplicada, documental o mixta. El presente proyecto es una investigación aplicada, ya que, a través de la búsqueda del conocimiento sobre la atención en el cerebro humano, pretende resolver un problema como lo es la emulación de la atención en una máquina artificial.

### 3.2. Diseño de la Investigación

La investigación es de un diseño explicativo, ya que se centra en explicar los aspectos más relevantes de la atención partiendo de una idea general y utiliza la investigación de esta como una herramienta que podría ayudar a conducir temas futuros, no buscando evidencia concluyente sino más bien comprendiendo bien el problema de manera más eficiente.

Por otro lado, fue necesario examinar las facetas de la atención en el cerebro humano para descubrir cómo funciona, ya que era de principal interés localizar los fragmentos de información más pequeños para poder cumplir con el objetivo. El método de investigación explicativa que se usó fue el de tener un grupo de discusión.

### 3.3. Nivel de Investigación

La investigación se puede catalogar en los siguientes niveles de investigación:

- **Exploratorio:**

Ya que fue necesario realizar diversas investigaciones y reuniones para conocer la realidad del problema al que se quería dar solución.

- **Aplicativo:**

Debido a que se elabora un software para emular de manera básica la atención del cerebro, lo que se considera como la entrega de un producto.

### 3.4. Metodología a Utilizar

La metodología que se utilizó fue la metodología *Scrum*, que es un marco de trabajo para el desarrollo y mantenimiento de productos que ayuda a los equipos a estructurar y gestionar el trabajo mediante un conjunto de valores, principios y prácticas. La metodología *Scrum* anima a los equipos a aprender a través de las experiencias y autoorganizarse mientras se aborda un problema, a pesar de que se pueda considerar un marco de gestión de proyectos ágil, esta metodología incluye un conjunto de reuniones, herramientas y funciones que, de

forma coordinada, ayudan a los equipos a estructurar y gestionar el trabajo, por lo que fue un factor importante para decantarse en la utilización de esta metodología en el desarrollo de este proyecto de grado. Las fases que se emplearon de esta metodología fueron:

### 3.4.1. Planificación

Esta es una fase en la que se establecen las tareas más importantes y donde se obtiene información detallada sobre el proyecto que se debe desarrollar. Existe una persona que representa al cliente, la cual está encargada de listar las funcionalidades o necesidades del cliente en un documento el cual lleva como nombre *Product Backlog*.

Luego se lleva a cabo una reunión donde este documento es esencial para permitir conocer al equipo las funcionalidades que se deben crear, por lo que el *Product Backlog* es esencial, en esta se planea como se dará solución a una primera fase del producto final.

### 3.4.2. Ejecución

La fase de Ejecución o también llamada Sprint se puede considerar como un intervalo de tiempo que como máximo tiene una duración de un mes y en el cual se desarrollará el producto que será entregable potencialmente siguiendo el *Sprint Backlog*, el cual es la lista de actividades que nacen del *Product Backlog*.

También se puede definir esta fase como un mini proyecto en donde el equipo de trabajo se focaliza en el desarrollo de tareas para alcanzar el objetivo que se ha definido previamente en el *Sprint planning*. Para el presente proyecto de grado esta fase estuvo comprendida por la implementación de las funcionalidades, la cual se abordará en el siguiente capítulo.

### 3.4.3. Control

En esta fase se mide el progreso del proyecto. En esta fase, el líder del equipo de desarrollo se encarga de actualizar los gráficos cada que se finaliza cada uno de los *Sprints*. Tanto la fase de Control, como la de planificación y ejecución se realizan de manera iterativa hasta que se logra el producto final. La fase de control se vio reflejada en este proyecto de grado siempre que se terminaba alguna funcionalidad, ya que se realizaban reuniones en donde se discutían los avances, mejoras, así como arreglos de las funcionalidades de una manera iterativa.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)



---

## Capítulo 4

# Desarrollo del Proyecto

Durante este capítulo se llevará a cabo la tarea de crear o emular ‘La Atención’, que tomando como referencia a la obra Tononi (2004) se denominó como ‘ventana  $\Phi$ ’ así como el ámbito de pensamientos en un momento del presente dado, al que se denominó aquí como ‘Scope’, ambas capacidades integradas como una funcionalidad de la máquina inteligente BRAIN-CEMISID v4.0.

### 4.1. Planificación

A lo largo de esta fase se realizaron una serie de reuniones en un ambiente de trabajo conversacional y colaborativo con el tutor y miembros del equipo BRAIN-CEMISID encargados tanto de los módulos de memoria como de los Agentes Inteligentes Biológico, Cultural y Emocional (BCE) de esta Máquina Inteligente (MI). Todas las discusiones y

planteamientos fueron herramientas para afrontar la complejidad del problema en mano, la definición, especificación y desarrollo de una MI.

El objetivo principal propuesto consistía en emular el comportamiento del cerebro humano en sus diferentes funcionalidades como la distribución y existencia de diferentes y especializados estados BCEs (Eyzell, 2023), siendo estos factores distinguidos como brújula de percepción en cada uno de los sentidos implementados; así también emular funcionalidades como la atención y el ámbito mental en cuanto a pensamientos; y también la Memoria y el Estado de Vida (Leo, 2023).

Dado, fue un requisito de este Proyecto de Grado, que no se tenían los conocimientos sobre la neurociencia del cerebro humano necesarios para abordar dicho problema, se empezó haciendo uso de la de imaginación, para llegar de esta manera a discutir lo que se quería y desde ahí definir sus componentes de cada funcionalidad. Cada tormenta de idea que se iniciaba se daba por terminada, sin importar los números de días o reuniones, cuando se lograba la aceptación por todos que la funcionalidad era correcta y válida. Su implementación e integración en lo que hemos denominado BRAIN-CEMISID v4.0. era el siguiente paso, reconociendo a la vez por alguno de nosotros que era necesario regresar a la tormenta de idea por cualquier descubrimiento inestable en la especificación.

## 4.2. La Atención

El cerebro es uno de los órganos esenciales y además confesamos que es uno de los temas que conocemos muy poco como estudiantes de Ingeniería de Sistemas, por lo que en nuestras discusiones nos encontramos con limitantes como ¿De qué manera se podría representar un pensamiento o un recuerdo?, fue mediante nuestras conversaciones socráticas

y el propio uso de nuestros actuales conocimientos que fuimos abordando el tema de manera iterativa. Son muchas y diferentes las partes del cerebro que se ponen en acción para producir las funcionalidades que queríamos reproducir, por lo que nos vimos en la necesidad de acotar cada una y así, poder abstraerlas, tomando definiciones primordiales de cada una. Este último acto descrito es el uso del principio de la Hojilla de Occam como herramienta ante la complejidad que confrontábamos.

En el caso de la atención, podemos describir hoy, luego de su implementación que, se tomó como base lo expuesto por James (1890) en los albores de la psicología experimental, en donde explica que “Todo el mundo sabe lo que es la atención. Es la toma de posesión por parte de la mente, en forma clara y vívida, de uno de lo que parecen ser varios objetos o trenes de pensamiento simultáneamente posibles”.

Para este caso, se decidió hacer uso de un aro que contuvieran diferentes pensamientos, los cuales se llamaron ‘*Descriptores*’ para simplificarlos. Estos estarían tomando posesión de la atención en la mente, en la ‘Ventana  $\Phi$ ’, mientras que los demás estarían girando en el aro de manera simultánea, conformando el ‘*Scope*’.

Es un proceso largo y rápido el que se lleva a cabo cada vez que percibimos un evento a través de cualquiera de nuestros sentidos. Tomando el ejemplo de Lewis (2019) donde el caso en que el evento es un trueno, este se percibe gracias al sentido del oído, al escucharlo el sonido se transforma de un patrón específico de ondas sonoras en el aire, a un patrón correspondiente de vibraciones transmitidas a través del tímpano y de los pequeños huesos en el oído medio y la cóclea, luego pasa a ser un patrón correspondiente de impulsos electroquímicos a lo largo del oído, nervio y luego a las señales correspondientes en las

neuronas de la corteza auditiva y la corteza de asociación. Este evento también activa los circuitos del miedo, transmitidos a través de la amígdala y al mismo tiempo aquellos registros visuales de lo que se vio en ese momento. Estas señales se transmiten entre las neuronas mediante neurotransmisores químicos. Toda la red que se activó en la corteza cerebral por el evento del trueno es la experiencia en ese momento.

Debido a que este evento es un evento fuerte, el patrón de conexiones en esa red en particular, se vuelve recuperable de forma permanente. Esto debido a los cambios en las proteínas de la membrana en las conexiones entre todas las neuronas que se dispararon juntas en respuesta al estímulo, ya que según la Ley de Hebb “las neuronas que se disparan juntas se conectan entre sí”. Esto es lo que constituye la memoria, esta misma red se podrá activar en el futuro debido a un recordatorio o algún evento que se asocie a este, es posible que este patrón de información este entrelazado con representaciones de otros sentimientos o recuerdos que se asocien con esta experiencia, agregando capas de significado a la experiencia.

Una vez teniendo claro lo que se quería lograr y con una idea inicial de cómo se haría partiendo tanto del uso de la imaginación como la autoconsciencia y posteriormente con ayuda de las investigaciones hechas en neurociencia se llegó al diagrama de flujo inicial que representado en la figura 4.1.



### 4.2.1. La Memoria

La memoria funciona mediante tres procesos principales: la codificación que consiste en el proceso a través del cual se aprende la información, esta generalmente se codifica a través de uno de cuatro métodos como son: la codificación visual, acústica, semántica y táctil, aunque la información llega en alguno de estos modos, la forma en que se almacena puede diferir de ellos. El segundo proceso es el del almacenamiento, este se encarga del cómo, dónde, cuánto y durante cuánto tiempo se retiene la información, existen dos tipos de memoria, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo, la información primero se almacena en la de corto plazo y luego de ser necesario, pasa a la memoria de largo plazo. El tercer proceso es el de la recuperación, este proceso consiste en el acceso a la información almacenada, la forma en que se recupera la información en la memoria a corto plazo es diferente de como se hace en la memoria a largo plazo. En la memoria de corto plazo se recupera en el orden en que se almacena, y en la memoria de largo plazo se recupera por asociación (Roediger y McDermott, 1995).

### 4.3. Implementación

Para llevar a cabo la emulación del alcance mental ‘scope’ y la ventana  $\Phi$  de manera artificial se decidió utilizar el lenguaje de programación Python en la elaboración de los módulos e interfaz gráfica ya que este es una de las tecnologías más utilizadas en el área de inteligencia artificial, además de que varios de los módulos pertenecientes al proyecto BRAIN-CEMISID ya están implementados sobre este lenguaje de programación.

### 4.3.1. Sentidos

Se decidió trabajar los sentidos por separado y además agregar dos nuevos sentidos, el primero de ellos el 'sentido del cuerpo' haciendo alusión a la propiocepción, llamada por algunos científicos como nuestro sexto sentido y que es ese sentido que nos permite percibir la ubicación y la acción de las partes del cuerpo. El segundo sentido en agregar fue el 'sentido del tiempo' debido a que lo percibimos de una manera muy tangible como cuando sentimos hambre o tenemos algún dolor físico. Para esto se hizo uso de una clase llamada *SubconsciousBySense*, la cual contendría todos los módulos que fuesen necesariamente por sentido como métodos de la clase, estos métodos son: *bce\_comparator* y *thought\_picker*.

#### 4.3.1.1. BCE\_comparator

Los eventos se reciben a través de neuronas que contienen un patrón para cada evento, simulando así las formas o sonidos que nuestro cerebro conoce inicialmente como puntos o líneas, y luego al ver una imagen más compleja es capaz de reconocerla gracias a la unión de estos patrones. Además de estos patrones, estas neuronas contienen factores BCE correspondientes al estado BCE que le ha asignado el agente a dicho patrón inicialmente y luego a dicho evento, esto para simular la forma en que los recuerdos nos hacen sentir de manera diferente al recordarlos. Una vez que una neurona reciba un evento dentro del módulo del agente inteligente encargado de los estados BCE según su sentido, le pasa al módulo de la atención y específicamente al módulo *bce\_comparator* representado como método dentro de la clase *SubconsciousBySense*, el estado BCE actual del agente, el estado BCE almacenado en la neurona para ese patrón o para ese evento según sea el caso, también se pasa las estadísticas de la memoria con la finalidad de escoger un ganador en caso de que haya un empate entre los factores.

Una vez dentro de este módulo se unifican obteniendo los de más alto factor, es decir, puede que en algunos casos en el estado biológico gane la neurona, pero en el emocional gane el agente, este nuevo BCE pasará actualizar el estado BCE que contenía la neurona. Dentro de este módulo pueden suceder dos casos en cada uno de los factores, uno de ellos es que gane el agente, lo cual se interpreta como que el evento que se recibió no altera al agente, por lo que puede ser un evento que pase desapercibido. El segundo caso es que puede que gane la neurona, lo que significa que este evento o que algo relacionado a él ya se ha guardado como recuerdo a largo plazo, por lo que percibirlo de nuevo o algo que se le parezca debe despertar la atención. Por lo tanto, este método devuelve el nuevo BCE para actualizar la memoria y también aquellos factores en los que gana la neurona y en los que no ganó.

Existe la posibilidad en que al comparar estos dos factores exista un empate, por lo que fue necesario usar lógica difusa tomando en cuenta el estado de la memoria para conocer si un evento era de importación.

#### **4.3.1.1.1. Lógica Difusa**

Para la lógica difusa se decidió hacer uso del número de recuerdos presentes en la memoria y el número de apariciones de un evento-patrón, esto para poder determinar si un evento tenía un alto número de apariciones en la memoria o no, también haciendo uso del estado actual del agente para activar un mecanismo de supervivencia, es decir, si el agente estaba en valores críticos en su BCE bajaba la posibilidad de que tomara el recuerdo ya que podía llevarlo a la muerte. Para esta lógica difusa se utilizó las siguientes reglas:



Figura 4.2. Reglas difusas para la obtención del nuevo estado BCE.

**Regla 1:** Si ocurrencia baja Y estado actual malo ENTONCES tendencia baja  
**Regla 2:** Si ocurrencia media Y estado actual malo ENTONCES tendencia baja  
**Regla 3:** Si ocurrencia alta Y estado actual malo ENTONCES tendencia baja  
**Regla 4:** Si ocurrencia baja Y estado actual bueno ENTONCES tendencia baja  
**Regla 5:** Si ocurrencia media Y estado actual bueno ENTONCES tendencia alta  
**Regla 6:** Si ocurrencia alta Y estado actual bueno ENTONCES tendencia alta

Con el número de recuerdos y el número de ocurrencias en memoria de un evento se pudo construir según cada caso los intervalos que determinan si un evento tiene tendencia baja, media, o alta. En el caso del BCE del agente, sabemos que está bien o “bueno” si su estado está entre -0.5 y 0.5, para los valores -1, -0.75, 0.75, 1, el agente estaría en estado crítico o “malo”. Cada factor tiene el siguiente significado según su estado:

- **Biológico:** -1 Muerte corporal -0.75 enfermedad corporal -.50 ansiedad corporal -.25 incomodidad -0 menos incomodidad +0 menos comodidad +.25 comodidad +.50 ansiedad mental +.75 enfermedad mental +1 Muerte Mental.
- **Cultural:** -1 Muerte Vegetativo -0.75 ignorante -.50 torpe -.25 inseguro -0 menos inseguro +0 menos Seguro +.25 Seguro +.50 soberbia +.75 delirio +1 Muerte Mental.

- **Emocional:** -1 Muerte corporal -0.75 depresivo corporal -.50 agitado corporal -.25 Triste -0 menos Triste +0 menos Alegre +.25 Alegre +.50 eufórico mental +.75 maniaco mental +1 Muerte Mental.

#### 4.3.1.2. Thought\_picker

En caso de que en el módulo anterior haya ganado la neurona, lo que significa que este evento es relevante, se pasa a consultar a la memoria por el mismo para obtener esos recuerdos que este despierta, también se pasa dicho evento como memoria temporal, ya que dependiendo de si este pasa por la atención o no es que se determina si este pasara a la memoria de largo plazo. Este módulo se encarga de recibir tanto los recuerdos que este evento despierta según su factor como el evento en sí, luego se encargara de tomar los descriptores o recuerdos que pasaran a tomar parte en el *scope* según cada estado, en el caso de que haya ganado el agente tomara el descriptor que este dentro de la ventana  $\Phi$ , en el caso de que haya ganado la neurona tomara el descriptor que haya recibido de la memoria. En el caso de que no haya nada en la ventana  $\Phi$  en ese momento, es decir, no se tenga la atención en nada, se tomara el evento en la memoria temporal.

#### 4.3.1.3. GeneralEvaluator

Una vez se han trabajado los módulos anteriores por sentido se pasan los nuevo pensamientos o descriptores al módulo *general\_evaluator* implementado en una función que recibe los pensamientos por sentido y dentro de estos por factor, este módulo lo que hace es unificar todos estos pensamientos dejándolos ya no por sentido sino solo por factor, debido a que nuestra atención no se separa por sentidos, en un momento dado podemos sentir tristeza

(estado emocional), frío (estado biológico) y estar aprendiendo o leyendo algo (estado cultural).

#### 4.3.1.4. Mind

Se implementó una clase madre llamada *Mind* o mente la cual contendría las llamadas a los módulos de todos los sentidos, así como a los del evaluador general y todas las conexiones internas de la atención. Dentro de esta clase estaría la conciencia o *conscious*, los *SubconsciuosBySense* de todos los sentidos y las actualizaciones de la atención, es decir de los *scopes* y de la ventana  $\Phi$ . Esta contiene el módulo *GeneralEvaluator* explicado anteriormente y luego de recibir de este los nuevos pensamientos por factor, se encarga de pasar cada uno al consciente para que puedan pasar a la atención, es decir, hacer saber al cerebro de manera consciente que se está pensando en ese descriptor. Para esto se hace uso de la clase *Conscious* la cual contiene los *scopes* y las ventanas  $\Phi$ .

##### 4.3.1.4.1. Scope

Para la implementación del *scope* o tren del pensamiento como lo llama James (1890), se utilizó una cola de nodos cuya clave sería el descriptor que representa un pensamiento. Estos pensamientos no solo contienen el pensamiento correspondiente al evento sino todos aquellos con los que este esté relacionado, haciendo alusión a cuando tenemos un recuerdo que nos lleva a otro y a otro. Esta cola tiene un tamaño limitado ya que, aunque podamos tener diferentes pensamientos en nuestra mente que van y vienen, estos no son infinitos, por lo que en el caso de que este tamaño máximo se alcance se eliminara el pensamiento más antiguo y tomara el nuevo pensamiento o descriptor su lugar, también se verifica antes de introducir un pensamiento que este ya no esté dentro del *scope*.

#### 4.3.1.4.2. Ventana $\Phi$

Las ventanas  $\Phi$ , como las define Tononi (2004), son las que representan la atención directa en un momento dado, estas también se dividen por factor. Una vez que un descriptor entra al *scope*, este descriptor tomará en algún momento el lugar en la ventana  $\Phi$  por un tiempo definido y luego seguirá girando de nuevo en el *scope* hasta que le vuelva a tocar su turno o hasta que otro descriptor tome su lugar. En el caso de que llegue un evento importante con su descriptor este tomará su lugar en la ventana  $\Phi$  inmediatamente después de haber entrado en el *scope*.

Una vez finalizado todo este proceso hasta la ventana  $\Phi$ , se enviarán todos estos descriptores a la memoria para que esta pueda actualizar lo que este en memoria temporal a memoria de largo plazo, ya que nuestro cerebro puso la atención en eso durante un intervalo de tiempo.

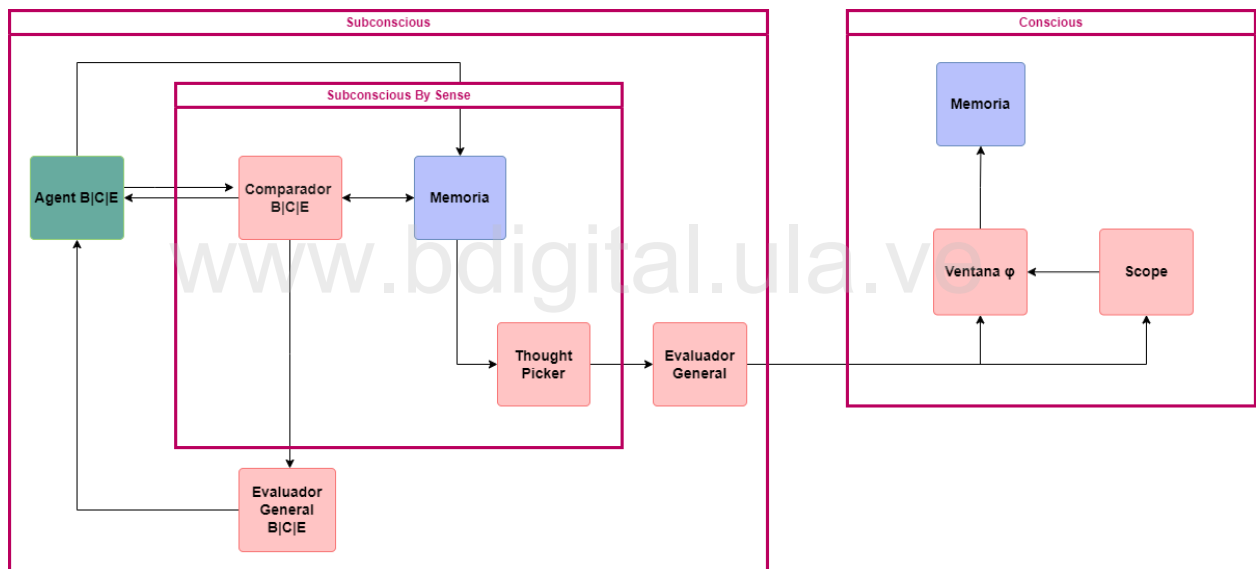
#### 4.3.1.5. GeneralEvaluator\_BCE

Luego de que todos los BCE pertenecientes a cada neurona han pasado por el comparador dentro de cada sentido, llamado *GeneralEvaluator*, todos los BCE resultantes pasan a un evaluador general encargado de unificar mediante comparaciones similares al *GeneralEvaluator* todos estos BCE en uno solo, el cual pasará al módulo del agente inteligente, simulando, así como todas estas experiencias alteran el estado biológico, cultural y emocional del mismo.

### 4.3.2. Diagrama de Flujo

La versión final del flujo se puede ver representada en la imagen 4.3, los módulos en rojo son los implementados en este proyecto de grado, los demás son los que usa de los proyectos de los estados BCE y de la memoria. Además, estos están encerrados en recuadros que muestran a que clase pertenecen, siendo estas *Subconscious by sense*, *Conscious* y *Mind*.

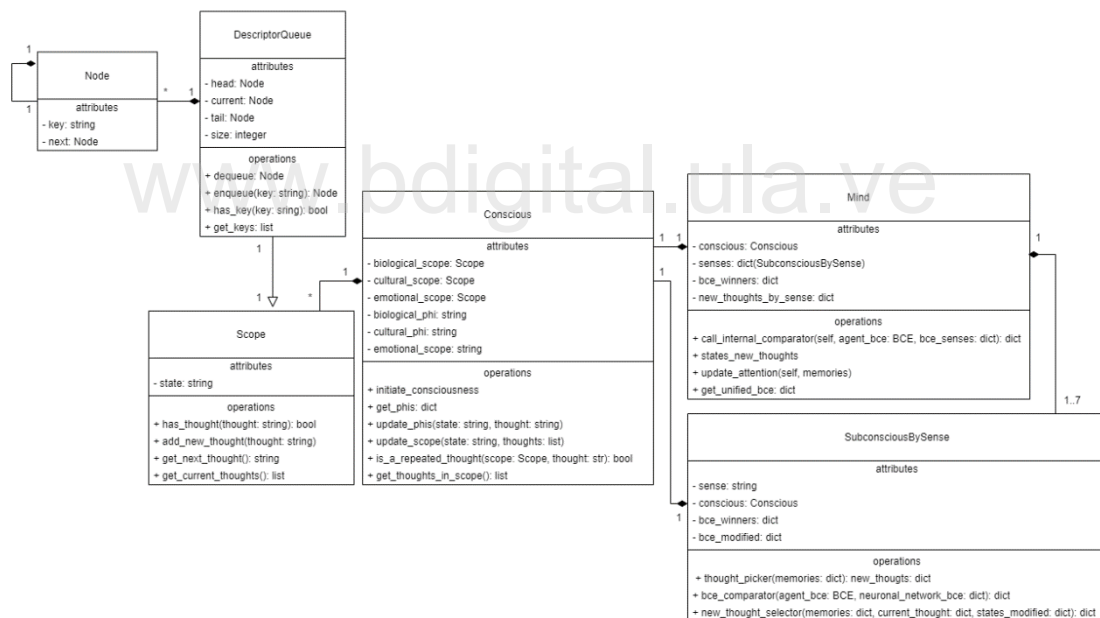
Figura 4.3. Diagrama de flujo.



### 4.3.3. Diagrama de Clases

En la figura 4.4 se aprecia el diagrama de clases que se utilizó para la implementación de cada uno de los módulos antes mencionados, en este diagrama se muestra las relaciones entre cada clase así como los atributos y operaciones que realiza cada una de ellas, junto con sus entradas y salidas.

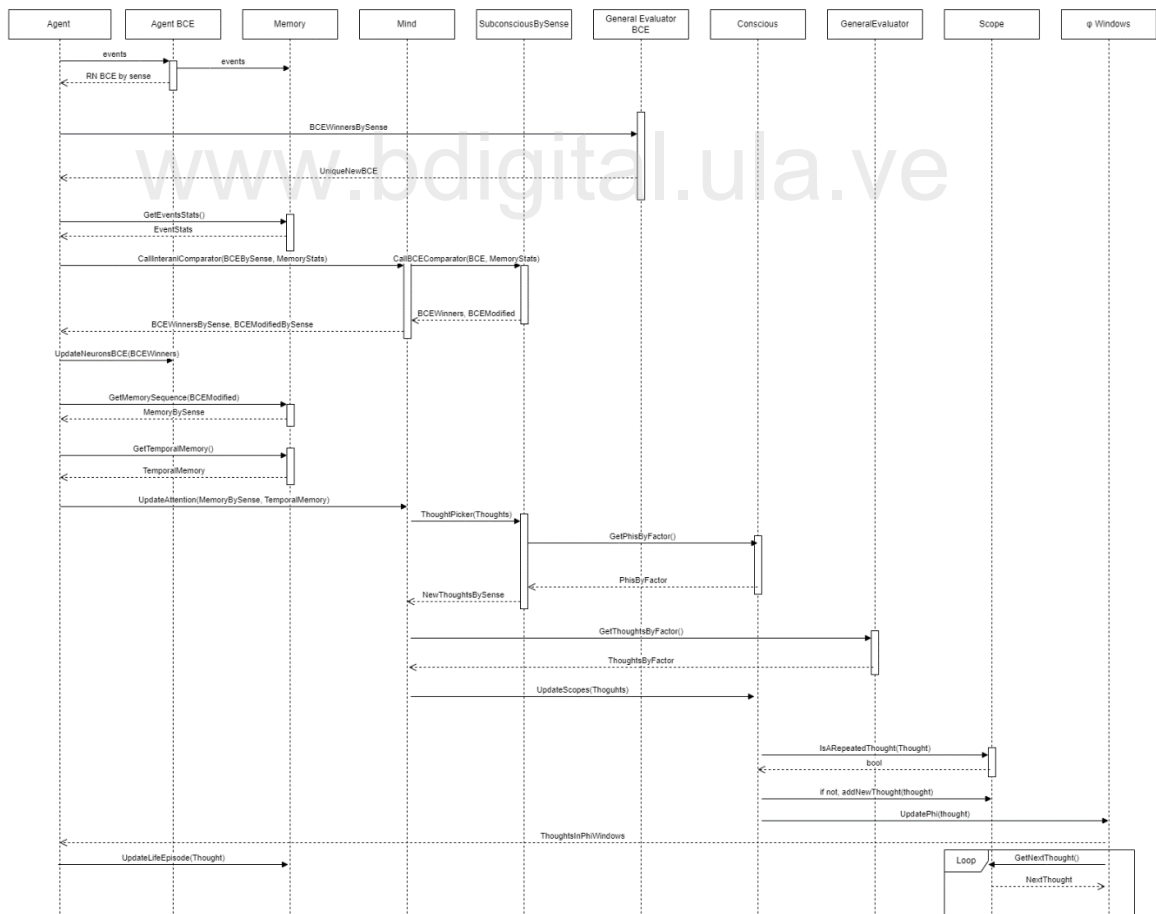
Figura 4.4. Diagrama de clases.



### 4.3.4. Diagrama de Secuencia

La figura 4.5 representa un diagrama de secuencia en el cual se muestra las llamadas entre los diferentes módulos como los son el módulos de los estados BCE, la memoria y la atención, también muestra las interacciones entre cada una de las clases dentro de la atención. Cuando se llama cada clase los parámetros que se pasan entre llamadas, así como los lazos que existen según cada caso.

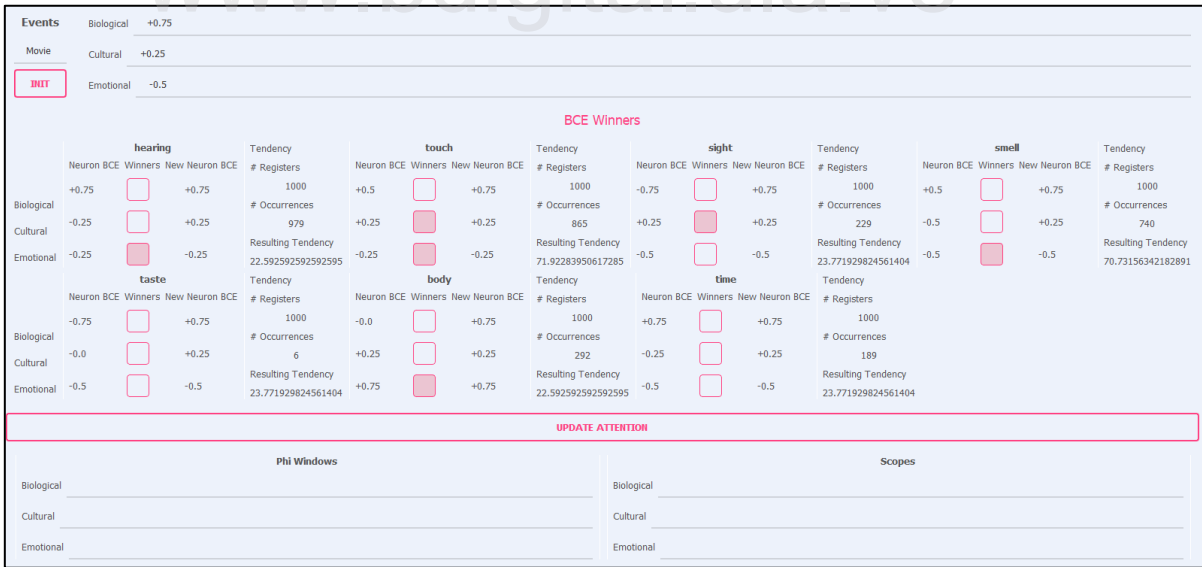
Figura 4.5. Diagrama de secuencia



### 4.3.5. Simulación

Con el fin de poder representar el flujo completo de los módulos antes mencionados se realizó una interfaz gráfica especial como se muestra en la figura 4.6, donde se pueda apreciar de una mejor manera el flujo que recorre este módulo, para esto se hizo una simulación de las interacciones que tendría con los módulos externos, como lo son, la selección de un evento percibido por cada sentido, así como los valores BCE de dicho evento en la neurona correspondiente y también las interacciones con el módulo de la memoria, logrando así correr las operaciones correspondientes al módulo de la atención realizando los cálculos de los BCE como valores de las neuronas y obteniendo los pensamientos que estén pasando tanto por la Ventana  $\Phi$  como dentro de los *Scopes*.

Figura 4.6. Interfaz de la simulación





### 4.3.5.1. Primera Fase

En esta fase inicial se aprecia en la interfaz los estados BCE del agente y la selección del evento que será percibido por los sentidos. Al principio el módulo de los estados BCE genera el estado BCE inicial de nuestro agente el cual se muestra al inicio de la interfaz. Además, se tiene una lista con ejemplos de posibles eventos que serían percibidos por los sentidos, como se aprecia en la imagen 4.8. Al presionar el botón *Init*, se inician los cálculos de los nuevos BCE de las neuronas, así como los que permiten saber cuáles de ellas serán las que van a llamar a la memoria.

Figura 4.7. Primera Fase de la Simulación

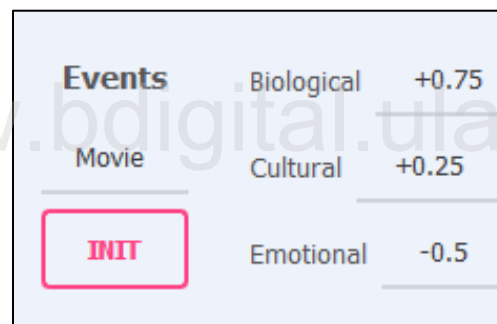
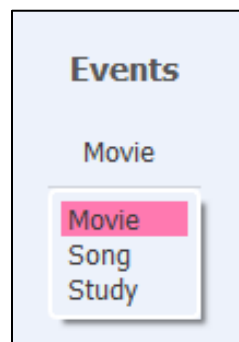


Figura 4.8. Lista de Eventos



### 4.3.5.2. Segunda Fase

En la segunda fase de la simulación se muestran los resultados de nuestro proceso previo por sentido como se observa en la figura 4.9.

Figura 4.9. Interfaz Segunda Fase

| BCE Winners      |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
|------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------|
| hearing          |       |                          |       | touch              |       |                          |       | sight              |       |                          |       |                    |
| Neuron BCE       |       |                          |       | Neuron BCE         |       |                          |       | Neuron BCE         |       |                          |       |                    |
| Winners          |       |                          |       | Winners            |       |                          |       | Winners            |       |                          |       |                    |
| New Neuron BCE   |       |                          |       | New Neuron BCE     |       |                          |       | New Neuron BCE     |       |                          |       |                    |
| # Registers      |       |                          |       | # Registers        |       |                          |       | # Registers        |       |                          |       |                    |
| Biological       | +0.75 | <input type="checkbox"/> | +0.75 | 1000               | +0.5  | <input type="checkbox"/> | +0.75 | 1000               | -0.75 | <input type="checkbox"/> | +0.75 | 1000               |
|                  |       |                          |       | # Occurrences      |       |                          |       | # Occurrences      |       |                          |       | # Occurrences      |
|                  | -0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | 979                | +0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | 865                | +0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | 740                |
| Cultural         |       |                          |       | Resulting Tendency |       |                          |       | Resulting Tendency |       |                          |       | Resulting Tendency |
|                  | -0.25 | <input type="checkbox"/> | -0.25 | 22.592592592592595 | -0.25 | <input type="checkbox"/> | -0.25 | 71.92283950617285  | -0.5  | <input type="checkbox"/> | -0.5  | 23.771929824561404 |
|                  |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
| Emotional        |       |                          |       | Tendency           |       |                          |       | Tendency           |       |                          |       | Tendency           |
|                  |       |                          |       | # Registers        |       |                          |       | # Registers        |       |                          |       | # Registers        |
|                  |       |                          |       | 1000               |       |                          |       | 1000               |       |                          |       | 1000               |
| Biological       | -0.75 | <input type="checkbox"/> | +0.75 | # Occurrences      | -0.0  | <input type="checkbox"/> | +0.75 | # Occurrences      | +0.75 | <input type="checkbox"/> | +0.75 | # Occurrences      |
|                  |       |                          |       | 6                  | +0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | 292                | -0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | 189                |
|                  | -0.0  | <input type="checkbox"/> | +0.25 | Resulting Tendency | +0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | Resulting Tendency | -0.25 | <input type="checkbox"/> | +0.25 | Resulting Tendency |
| Cultural         |       |                          |       | 23.771929824561404 | +0.75 | <input type="checkbox"/> | +0.75 | 22.592592592592595 | -0.5  | <input type="checkbox"/> | -0.5  | 23.771929824561404 |
|                  | -0.5  | <input type="checkbox"/> | -0.5  |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
|                  |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
| Emotional        |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
|                  |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
|                  |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |
| UPDATE ATTENTION |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |       |                          |       |                    |

En la columna *Neuron BCE* se muestran los BCE iniciales de cada neurona, luego en los *checkboxes* se muestran aquellos factores en los que ganó la neurona, lo que quiere decir que se llamará a la memoria para ese sentido y ese factor, luego está la columna *New Neuron BCE*, la cual muestra el nuevo factor de la neurona.

En el apartado de *Tendency* dentro de cada sentido, se encuentran las estadísticas de cada evento en la memoria, la cual se utiliza en caso de empate para crear las reglas en la lógica difusa, el *# Register* es el número de registros totales en la memoria, mientras que el *# Ocurrerences* es el número de recuerdos asociados a dicho evento. Cuando se producen empates entre el factor del agente y el de la neurona, se usan estos registros junto con el factor actual del agente para crear las reglas que se usarán en la lógica difusa y así conocer si gana la neurona, lo que implica buscar el recuerdo en la memoria, o si gana el agente.

Por último, en esta segunda fase está el botón *Update Attention*, este botón iniciará la segunda parte de la simulación, en donde se encargará de buscar en la memoria los recuerdos de esos factores que ganaron para cada sentido, luego unificarlos por factor y enviarlos a la atención. Una vez todo este proceso termina se actualiza también el valor BCE general del agente, el cual se obtiene gracias al módulo GeneralEvaluatorBCE.

4.3.5.3. Tercera Fase

En la tercera fase de la simulación se puede conocer los pensamientos que estén dentro de los *scopes*, así como los que están pasando por la ventana  $\Phi$ . La figura 4.10 muestra la interfaz antes de presionar el botón *Update attention*.

Figura 4.10. Tercera fase sin pensamientos almacenados.

| Phi Windows |  | Scopes     |  |
|-------------|--|------------|--|
| Biological  |  | Biological |  |
| Cultural    |  | Cultural   |  |
| Emotional   |  | Emotional  |  |

Una vez se presiona este botón y se han almacenados los pensamientos provenientes de la memoria, o el evento en sí para el caso inicial en que no haya ninguno, la vista se encarga de mostrarlos en la columna *Scopes* como se muestra a continuación en la Figura 4.11.

Figura 4.11. Tercera fase con los primeros pensamientos almacenados.

| Phi Windows |                                                | Scopes     |                                                                                                                |
|-------------|------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biological  | Movie                                          | Biological | Movie                                                                                                          |
| Cultural    | Movie -> childhood_movie:sense_chair           | Cultural   | Movie, Movie -> childhood_movie:sense_chair, Movie -> childhood_movie:images                                   |
| Emotional   | Movie -> bchildhood_movie:sense_mouth_location | Emotional  | Movie -> childhood_movie:sense_chair, Movie, Movie -> childhood_movie:pop_corns_smell, Movie -> bchildhood_mov |

Los factores que no cambien como en este caso el Biológico, es porque en estos factores en cada uno de los sentidos, ha estado ganando los factores actuales del agente y no las neuronas que contienen esos recuerdos.

En el caso de la ventana  $\Phi$ , la interfaz gráfica busca cada dos segundos el valor actual de la ventana  $\Phi$  para actualizarlo, ya que este va cambiando cada dos segundos recorriendo lo que esté dentro de los scopes, Las figuras 4.12, 4.13, 4.14 son imágenes tomadas cada vez que se actualizan las ventanas  $\Phi$  de manera automática.

Figura 4.12. Primera actualización ventana  $\Phi$ .

| Phi Windows |                                                |
|-------------|------------------------------------------------|
| Biological  | Movie                                          |
| Cultural    | Movie                                          |
| Emotional   | Movie -> bchildhood_movie:sense_mouth_location |

Figura 4.13. Segunda actualización ventana  $\Phi$ .

| Phi Windows |                                          |
|-------------|------------------------------------------|
| Biological  | Movie                                    |
| Cultural    | Movie -> childhood_movie:sense_chair     |
| Emotional   | Movie -> childhood_movie:pop_corns_smell |

Figura 4.14. Tercera actualización ventana  $\Phi$ .

| Phi Windows |                                                |
|-------------|------------------------------------------------|
| Biological  | Movie                                          |
| Cultural    | Movie -> childhood_movie:images                |
| Emotional   | Movie -> bchildhood_movie:sense_mouth_location |

De esta forma podemos observar cómo según el estado BCE actual del agente, así como los que corresponden al recuerdo almacenado en la neurona que lo contiene según cada sentido, determinan cuales son esos eventos que despertaran un recuerdo, y aquellos que se relacionan con él en nuestro cerebro artificial haciéndolos objeto de su atención. También se pueden observar que eventos quedan dentro del tren del pensamiento o *scopes*, siendo usados cada cierto tiempo por la ventana  $\Phi$  para actualizar la atención.

#### 4.3.5.4. Análisis de Resultados

Como se pudo apreciar en la figura 4.2, la simulación recibió los siguientes parámetros o valores como entrada:

- **Estados BCE actuales del agente:**
  - ✓ Biológico: +0.75.
  - ✓ Cultural: +0.25.
  - ✓ Emocional: -0.5.
- **Evento:** MOVIE. La entrada de un evento implica el envío de eventos iguales en cada factor pero diferentes por sentido para cada uno de ellos, en este caso se tiene la entrada de un evento de tipo *movie* por lo que cada sentido recibirá un evento de tipo *movie*, como se aprecia en la figura 4.15.

Los valores BCE correspondientes a la neurona que procesaba el evento en cuestión por sentido se muestran en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Resultados comparadores internos por sentido.

| Factores  | Sentidos |       |       |       |       |       |       |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Hearing  | Touch | Sight | Smell | Taste | Body  | Time  |
| Biológico | +0.75    | +0.5  | -0.75 | +0.5  | -0.75 | -0.0  | +0.75 |
| Cultural  | -0.25    | +0.25 | +0.25 | -0.5  | -0.0  | +0.25 | -0.25 |
| Emocional | -0.25    | -0.25 | -0.5  | -0.5  | -0.5  | +0.75 | -0.5  |

Teniendo estas entradas se generaron los resultados que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados comparadores internos por sentido.

| Factores  | Sentidos |       |       |       |       |       |       |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Hearing  | Touch | Sight | Smell | Taste | Body  | Time  |
| Biológico | +0.75    | +0.75 | +0.75 | +0.75 | +0.75 | +0.75 | +0.75 |
| Cultural  | +0.25    | +0.25 | +0.25 | +0.25 | +0.25 | +0.25 | +0.25 |
| Emocional | -0.25    | -0.25 | -0.5  | -0.5  | -0.5  | +0.75 | -0.5  |

Es decir, en el sentido del oído, ganó la neurona para el factor emocional debido a que su valor original de -0.25 era mayor que el factor -0.5 correspondiente al factor Emocional

actual del agente, lo que quiere decir que se le pidió a la memoria que buscara los recuerdos relacionados a dicho evento y a dicho factor ganador. Para simular los recuerdos, se utilizaron los registros de las figuras 4.15, 4.16 y 4.17, ya que este debe provenir de la memoria.

Figura 4.15. Código evento simulado *Movie*.

```
MEMORIES_MOVIE = {
  "Movie": {
    'hearing': {
      'biological': f"childhood_movie:song",
      'cultural': f"childhood_movie:song",
      'emotional': f"childhood_movie:song"
    },
    'touch': {
      'biological': "childhood_movie:sense_chair",
      'cultural': "childhood_movie:sense_chair",
      'emotional': "childhood_movie:sense_chair"
    },
    'sight': {
      'biological': f"childhood_movie:images",
      'cultural': f"childhood_movie:images",
      'emotional': f"childhood_movie:images"
    },
    'smell': {
      'biological': f"childhood_movie:pop_corns_smell",
      'cultural': f"childhood_movie:pop_corns_smell",
      'emotional': f"childhood_movie:pop_corns_smell"
    },
    'taste': {
      'biological': f"childhood_movie:pop_corn_taste",
      'cultural': f"childhood_movie:pop_corn_taste",
      'emotional': f"childhood_movie:pop_corn_taste"
    },
    'body': {
      'biological': f"childhood_movie:sense_mouth_location",
      'cultural': f"childhood_movie:sense_mouth_location",
      'emotional': f"childhood_movie:sense_mouth_location"
    },
    'time': {
      'biological': "childhood_movie:time_slow",
      'cultural': "childhood_movie:time_slow",
      'emotional': "childhood_movie:time_slow"
    }
  }
}
```

Figura 4.16. Código evento simulado *Song*.

```
MEMORIES_SONG = {  
  "Song": {  
    'hearing': {  
      'biological': f"childhood_song:agua_fria",  
      'cultural': f"childhood_song:tesis",  
      'emotional': f"childhood_song:nostalgia"  
    },  
    'touch': {  
      'biological': "childhood_song",  
      'cultural': "childhood_song",  
      'emotional': "childhood_song"  
    },  
    'sight': {  
      'biological': f"childhood_song:tesis",  
      'cultural': f"childhood_song:tesis",  
      'emotional': f"childhood_song:good"  
    },  
    'smell': {  
      'biological': f"childhood_song",  
      'cultural': f"childhood_song",  
      'emotional': f"childhood_song"  
    },  
    'taste': {  
      'biological': f"childhood_song",  
      'cultural': f"childhood_song",  
      'emotional': f"childhood_song"  
    },  
    'body': {  
      'biological': f"childhood_song",  
      'cultural': f"childhood_song",  
      'emotional': f"childhood_song"  
    },  
    'time': {  
      'biological': "childhood_song",  
      'cultural': "childhood_song",  
      'emotional': "childhood_song"  
    }  
  }  
}
```



Figura 4.17. Código evento simulado *Study*.

```
MEMORIES_STUDY = {  
  "Study": {  
    'hearing': {  
      'biological': f"last_semester",  
      'cultural': f"last_semester",  
      'emotional': f"last_semester"  
    },  
    'touch': {  
      'biological': "last_semester",  
      'cultural': "last_semester",  
      'emotional': "last_semester"  
    },  
    'sight': {  
      'biological': f"last_semester",  
      'cultural': f"last_semester",  
      'emotional': f"last_semester"  
    },  
    'smell': {  
      'biological': f"last_semester",  
      'cultural': f"last_semester",  
      'emotional': f"last_semester"  
    },  
    'taste': {  
      'biological': f"last_semester",  
      'cultural': f"last_semester",  
      'emotional': f"last_semester"  
    },  
    'body': {  
      'biological': f"last_semester",  
      'cultural': f"last_semester",  
      'emotional': f"last_semester"  
    },  
    'time': {  
      'biological': "last_semester",  
      'cultural': "last_semester",  
      'emotional': "last_semester"  
    }  
  }  
}
```

Por lo tanto, para el sentido del oído, al ganar el factor Emocional, el recuerdo: *childhood\_movie::song* según su factor, pasó a los *scopes* y posteriormente a las ventanas  $\Phi$  de manera iterativa como se pudo apreciar en la figura 4.12, 4.13, 4.14. Sucediendo lo mismo con los demás sentidos, por lo que se puede apreciar como aquellos eventos cuyo factor BCE dentro de las neuronas que los procesaban siendo mayores que los factores actuales del agente despertaban el llamado a la memoria para obtener el recuerdo relacionado y así poder pasarlo a los *scopes* y ventana  $\Phi$ , es decir, a la atención, mientras que los que no les ganaban a los factores actuales del agente pasaban desapercibidos.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

---

## Capítulo 5

# Conclusiones y Recomendaciones

Esta investigación tuvo como propósito desarrollar las funcionalidades de la atención (ventana  $\Phi$ ) y del tren del pensamiento (*scope*) en un cerebro artificial, siendo este capaz de conectarse con diferentes módulos como lo son el módulo de los estados BCE y el módulo de la memoria enfrentando en cada paso el reto a la complejidad, tanto para conocer cómo funcionan estas características de nuestro cerebro, así como para reproducirlas de manera artificial.

Iniciamos siempre con lograr comprender con exactitud lo que se busca desarrollar a través de una serie de reuniones de discusiones socráticas y tormentas de ideas. Luego de aseverar la comprensión del objetivo y una primera especificación funcional de la solución, pasábamos a varias investigaciones que se realizaron referentes al tema luego, así como los conocimientos adquiridos en la carrera para su implementación; y sobre todo el uso de la imaginación para completar y reproducir una versión simplificada de las funciones del cerebro humano en cuanto a la atención y el ámbito.

La imaginación jugó un papel importante ya que mucha de las capacidades que se querían emular son capacidades que tenemos como seres humanos pero que por lo general no somos conscientes de cuando las usamos ni tampoco sabemos cómo funcionan o cómo nos afectan tanto consciente como inconscientemente. Este software se desarrolló usando el lenguaje de programación Python, fue gracias a los hilos que se pueden generar en este lenguaje que se pudo trabajar de manera paralela la actualización de la ventana  $\Phi$  mientras que se seguía el flujo principal sin interrupciones.

El software elaborado está compuesto de tres fases esenciales para conocer que pensamientos tomarán lugar en la ventana  $\Phi$ . Al inicio, son de importancia sus interacciones con el módulo de los estados BCE, ya que este contiene los factores que determinan si un evento es lo suficientemente relevante como para que se busque su recuerdo en la memoria, en la segunda fase toma importancia el módulo de la memoria, esta tiene dos interacciones con nuestro módulo, la primera para conocer en casos de empates en los factores BCE, si un evento es relevante o no y la segunda para obtener ese pensamiento que es el recuerdo que causa el evento que se está recibiendo, así como los que estén ligados a este, permitiendo así simular lo que sucede en nuestro cerebro cuando percibimos un evento que puede que a veces pase desapercibido pero que en algunos casos nos hace recordar algo, dependiendo esto de nuestro estado BCE. De igual forma emulando como cuando tenemos un recuerdo no solo recordamos el suceso en sí, sino varios de los sucesos que están ligados a este. Cada una de estas fases jugaron un papel importante para poder decidir por qué y cómo la atención de nuestro cerebro se actualizaría haciendo uso de la ventana  $\Phi$ , como poseedora de la atención directa, así como los *scopes* para poder contener esos pensamientos que toman parte de nuestra atención directa de manera iterativa.

Como recomendaciones se propone lo siguiente:

- En la presente investigación junto con los módulos que lo acompañan se trabajan los sentidos de manera secuencial, se recomienda que estos sentidos se trabajen de manera paralela, es decir, que todos reciban los eventos y los procesen al mismo tiempo hasta que sus resultados lleguen al evaluador general para unificarlos todos.
- Hacer una integración completa de todas las funcionalidades del BRAIN-CEMISID donde se puedan hacer pruebas completas de la atención según los eventos que se reciban de esas funcionalidades.
- Mejorar la forma en que se representa un pensamiento para que este pueda contener más detalles de este.
- Una vez se obtengan las mejoras mencionadas anteriormente, construir una interfaz donde se puede visualizar de manera más cercana a la realidad cómo funciona nuestra atención dando una experiencia más completa al espectador.

---

# Bibliografía

Andrade, L. (2012). *Diseño en VLSI (VERY LARGE SCALE INTEGRATION) y FPGA (FIELD PROGRAMABLE GATE ARRAYS) de una red Neuronal*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela

Atkinson, R. C., and Shiffrin, R. M. (1968). *Human memory. A proposed system and its control processes*. The psychology of learning and motivation, Vol. 2 (pp. 89-195), New York

Ballesteros, S. (1999). *Memoria Humana: Investigación y teoría*. Psicothema, 11(4), 705-723, Universidad de Oviedo Oviedo, España

Bargh, J. A., and Morsella, E. (2008). *The Unconscious Mind*. Perspectives on Psychological Science, 3(1), 73–79. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2008.00064.x>

Duignan, B. (03 de Julio de 2023). *Mind*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/mind>

- Eyzell, M. (2023) *BrainCEMISID\_4.0 Diseño e implementación en Python del movimiento Autónomo- Módulo A: Núcleo Agente Inteligente, sentidos, Red Neuronal Sensorial*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Fritz, J. B., Elhilali, M., David, S. V., and Shamma, S. A. (2007). Auditory attention--focusing the searchlight on sound. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(4), 437–455. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.07.011>
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Editorial Gedisa, Barcelona España.
- Gottfried, J. A., and Dolan, R. J. (2003). *The nose smells what the eye sees: crossmodal visual facilitation of human olfactory perception*. *Neuron*, 39(2), 375–386, [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(03\)00392-1](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(03)00392-1)
- Grace, L. (2020). *Attention in Psychology, Neuroscience, and Machine Learning*. *Frontiers in computational neuroscience*, 14, 29. <https://doi.org/10.3389/fncom.2020.00029>
- Graterol, R. (2015). *BRAIN-CEMISID V J&J. Ver R -Diseño de un núcleo operacional para la construcción de un kernel-cerebro artificial implementado en programación paralela en el ambiente CUDA: ´ Creación de la esfera de Capacidades*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Hardy, T. (2001). *IA: Inteligencia Artificial*. POLIS, Revista Latinoamericana, Santiago, Chile
- Itti, L., and Koch, C. (2001). *Computational modelling of visual attention*. *Nature reviews Neuroscience*, 2(3), 194–203. <https://doi.org/10.1038/35058500>

- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York, H. Holt and Company, New York.
- Jara, V. (2012). *Desarrollo del pensamiento y teorías cognitivas para enseñar a pensar y producir conocimientos*. Sophia Colección de Filosofía de la Educación, (12), 53-66.
- Leo, D. (2023) *BrainCEMISID 4.0: Diseño e implementación en Python del movimiento Autónomo- Módulo C: Historia y Episodio de vida*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Lewis, R. (24 de Febrero de 2019). *What Actually Is a Thought? And How Is Information Physical?*, Psychologytoday.  
<https://www.psychologytoday.com/us/blog/finding-purpose/201902/what-actually-is-a-thought-and-how-is-information-physical>
- Kurzweil, R. (1990). *The age of intelligent machines*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mashour, G. A., Roelfsema, P., Changeux, J. P., and Dehaene, S. (2020). *Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis*. *Neuron*, 105(5), 776–798. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026>
- Medina, N. (2008). *La Ciencia cognitiva y el estudio de la mente*. Revista de investigación en psicología, (11), 183-198.
- Monsalve, J. (2014). *Reto a la Complejidad: BRAIN-CEMISID versión 1.0. –Diseño de un núcleo operacional para la construcción de un kernel-cerebro artificial implementado en programación paralela en el ambiente CUDA: Creación del Estado Sensorial*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.



- Moreira, M., Morales, F., Zambrano, G., and Rodríguez, M. (2021). *El cerebro, funcionamiento y la generación de nuevos aprendizajes a través de la neurociencia*. Domino De Las Ciencias, 7(1), 50–67.
- Muchacho, J. C. (2014). *BRAIN-CEMISID v.1.2- Diseño de un núcleo operacional para la construcción de un kernel-cerebro artificial implementado en programación paralela en el ambiente CUDA: Creación del Mundo Cerebral*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Rangel, C. R. (2012). *Motor de Neuronas Programado en paralelo sobre el ambiente CUDA*. Trabajo de Grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Rodríguez Z., L. G., Roggero, P. and Rodríguez Z., P. G. (2015). *Pensamiento complejo y ciencias de la complejidad. Propuesta para su articulación epistemológica y metodológica*. Universidad Autónoma Metropolitana, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Argumentos.
- Roediger, H., and McDermott, K. (1995). *Creating False Memories: Remembering words not presented in lists*. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 21. 803-814.
- Rosales, J. (2015). *Percepción y Experiencia*. Revista EPISTEME, 35(2). Caracas, Venezuela.
- Schalkoff, R. (1990). *Artificial intelligence : an engineering approach*, McGraw-Hill, New York.

- Schweisfurth, M., Schweizer, R., and Treue, S. (2014). *Feature-based attentional modulation of orientation perception in somatosensation*. *Frontiers in Human Neuroscience, Article 519*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00519>
- Serrano, A., Amorocho, M. T., Aldana, A., and Lovera., H. (1997). *A las puertas del siglo XXI: Lógica difusa - una tecnología que está revolucionando el mundo*. *Ingeniería Y Universidad, 1(1)*, 30–37
- Tononi, G. (2004). *Phi: A voyage from the brain to the soul*. Pantheon/Random House.
- West, D. M. (2018). *What is artificial intelligence?*. Brookings.
- Zorrilla, S. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación*. Aguilar Leon y Cal Editores, México.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)